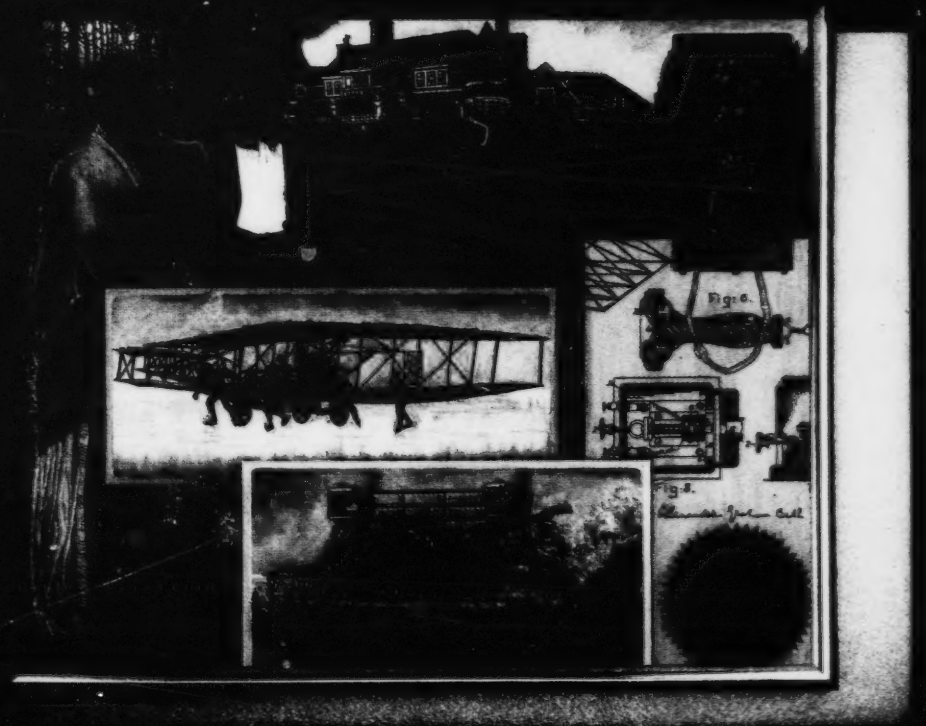
SOS
Ed.S.Br.
Can.Stud.
1988(6)
c.2

Department of the Secretary of State of Canada

CANADIAN STUDIES DIRECTORATE

ABOUT CANADA

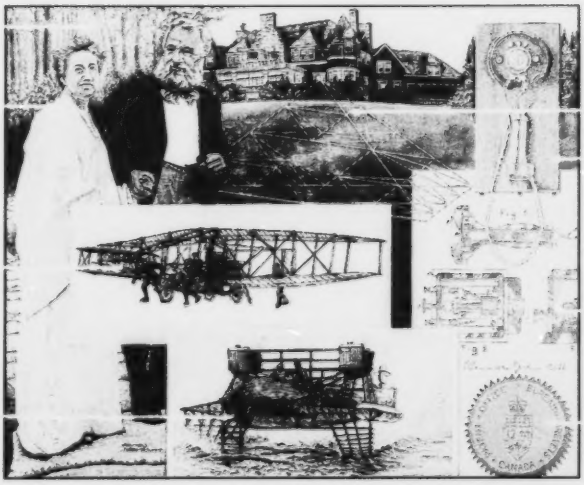
INNOVATION IN CANADA



Canada

Artist's Notes

1. Alexander Bell's inventions and innovations during his lifetime cover all aspects of innovation presented in this booklet: discovery, development, invention, innovation, and transfer technology, which all took place in Canada.
2. Alexander Bell and wife Mabel Bell, whose deafness was primarily responsible for many of Bell's discoveries and inventions, which were the forerunners of today's technology (Against a background of Beinn Bhreagh).
3. The *Silver Dart*, one of the many firsts in Canada. Independent development of the aileron used on all present-day air transportation, and numerous inventions and developments in use at the present time.
4. Development of the first powered hydrofoil and the forerunner of hydrofoils used both commercially and in the armed forces throughout the world today.
5. Facsimile of Canadian patent seal.
6. Canadian Patent No. 7789. The invention and innovation of the real telephone. Though Bell invented the telephone, he had no connection with any telephone company, including Bell Canada.
7. Canadian wall telephone, circa 1878. From this, Bell invented the lighted switchboard and audio-phone, developed the basis for radio, tape recording and T.V., and invented the gramophone record as we know it today, along with many other inventions, including the photophone (laser).
8. Canadian Patent No. 770626. Joint patent with Hector P. McNeil, at Baddeck. The tetrahedron — one of Bell's great, but relatively unknown achievements and inventions. The forerunner of present day construction (including high-rise office complexes, bridges, plane design and the basic structure of the space shuttle, etc.).



Cover design and illustration by Murdo Morrison

Department of the Secretary of State of Canada
Secrétariat d'État du Canada

CANADIAN STUDIES DIRECTORATE

ABOUT CANADA

INNOVATION IN CANADA

Yvonne Van Ruskenveld

©Minister of Supply and Services Canada 1988
Cat. No. S2-184/3-1988
ISBN 0-662-56296-8

90-00860/

SOS

The opinions expressed in this series are those of the authors and do not necessarily reflect federal government policy or opinion.

Canadian Cataloguing in Publication Data

Van Ruskenveld, Yvonne.
Innovation in Canada

(About Canada / Canadian Studies Directorate)
Text in English and French with French text on inverted pages.
Title on added t.p.: L'innovation au Canada.
Bibliography: p.
ISBN: 0-662-56296-8

I. Technological innovations — Canada.
I. Canada. Dept. of the Secretary of State of Canada. II. Canadian Studies Directorate.
III. Title. IV. Title: L'innovation au Canada.
V. Series.

HC120.T4V36 1988 338'.06'0971 C89-099401-3E

SoS
Ed S. Bi.
Can Stud.
1988(6)
c.2

Preface

To promote a broader understanding of Canada, the Department of the Secretary of State of Canada is publishing "About Canada," a series of works dealing with the country and its people.

This booklet is part of the series produced by the Canadian Studies Directorate and written by prominent researchers under the auspices of the Association for Canadian Studies.

We are confident that distribution of these publications, which are available free of charge from the Department of the Secretary of State, will help bring about a greater appreciation of Canada, its inhabitants and its distinctive characteristics and will instill in Canadians an even greater sense of national pride.

Note on the Author

Yvonne Van Ruskenveld is a freelance writer and editor specializing in science and technology. She has 14 years experience in the Canadian federal science and technology system developing policies and programs for energy conservation, and the natural resource and manufacturing industries. Her published papers include such topics as new technologies in the oil and gas industry, and technology diffusion.

Table of Contents

Preface	3
Note on the Author	4
Acknowledgements	6
Introduction	7
I. What do Pablum and Kerosene Have in Common?	9
II. Understanding Innovation	12
III. The Canadian Innovation Chain	15
IV. Partners in Innovation	20
A. Industry	20
B. Universities	23
C. Government	25
V. Working with Innovation	30
Conclusions	33
Glossary of Acronyms	35
Bibliography	36
Federal Government Sources of Information on Innovation in Canada	39

Acknowledgements

I would like to thank John de la Mothe for sharing his knowledge of innovation theory, and, more especially, for lending me excellent reference works from his own rich library. I would also like to thank Roger Voyer for his helpful comments on the draft document. Finally, I want to express my appreciation to John Azar for his editorial comments and feedback as one (important) member of the "general public" reading about innovation in Canada.

Yvonne Van Ruskenveld

Introduction

The pictures of the space shuttle at work have held a special thrill for Canadians: each time the camera focussed on the open cargo bay, the word CANADA in huge letters floated into view on the remote manipulator arm, the "Canadarm." Here was some of the most sophisticated technology in the world, and it had been developed in Canada.

Technological innovation has become increasingly important to maintaining and achieving international competitiveness. In itself, technology is just know-how — knowing how to make and use the tools for the job. Having the most advanced and newest technology gives companies and countries a competitive advantage by making them more efficient and allowing them to manufacture new products and to produce traditional ones more cheaply. Technological innovation means increased productivity and economic growth.

An innovation is a new product or process that is commercially available. An idea may become an invention, but it cannot be called an innovation until it is commercialized. The road from idea to marketplace is long and uncertain. As few as five years or as many as 100 years may pass before a profit is realized from a new idea.

There are many versions of the innovation process. The broadest and most useful for understanding the importance of innovation in Canada includes all the stages of invention, development, commercialization and diffusion. The invention and development stages are supported by research, the commercialization and diffusion stages by marketing. Technology transfer from an independent laboratory to a company may be important between invention and development, or between development and commercialization. Technology transfer may in fact be an international activity: a company in one country acquires foreign technology for adaptation in domestic applications or for further development in world markets.

The technologies which currently have the most significant effect on the world economy are the microelectronics or information technologies. Applicable across all traditional industrial sectors, these technologies are implicated in a range of innovations throughout the economy: they have affected our whole society from education, to banking, to dating. The other advanced technologies — advanced industrial materials and biotechnology — also cut across industries, but their influence will be felt more strongly in the future. The advanced technologies are the basis for rapidly growing, research-intensive industries, as well as being essential to innova-

tion and therefore growth in all parts of the economy.

In the workplace, new technologies have meant new ways of organizing work and have created anxiety in industrialized countries about the effect of technological innovations on jobs.

Canada has had some spectacular successes in innovation: as well as the Canadarm, other large items include Candu nuclear reactors, and the exploitation of the oil sands in Alberta; smaller items include the zipper and the Laser sailboat. We have world-class expertise in telecommunications, medical research, lasers, energy technologies, and remote sensing of features on the earth's surface using aircraft and satellites.

At 3.9 per cent, the growth rate of Canada's economy exceeded those of all other major industrialized countries in 1986, and Canadians enjoy one of the highest standards of living in the world. Yet our trade deficit in high technology goods of $5.8 million continues to grow. Our industrial research and development (R&D) structure is weak. We have few major firms that perform R&D. The private sector's share of national R&D effort is less than in other industrialized nations. Our national expenditures on R&D are much lower than other leading members of the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD).

We continue to rely on our natural resources for a significant portion of our export earnings, but fluctuating commodity prices, chronic oversupply, substitution of new synthetic materials for conventional materials such as wood and metal, and shifting patterns of world demand are undermining the strength of this sector.

Canada has the opportunity to vitalize its economy through technological innovation. We have a well-educated, skilled and talented population, excellent universities, and an extensive network of government laboratories. Our latest Nobel Prize winner, Dr. John Polanyi, is from the University of Toronto, but did much of his earlier work at the National Research Council (NRC). We have pockets of very innovative industries and we have a small but growing high technology sector. Right next door we have access to one of the largest markets in the world. And Canadians can build on a history of ingenuity, one that is generally unknown and unappreciated. Canada has made contributions to world science and technology out of all proportion to our small population: our difficulty has been with exploiting our inventions to our best advantage.

The Canadarm: sophisticated Canadian technology at work in space.

SSC-*Photocentre*

I What do Pablum and Kerosene Have in Common?

One reason that Canadians are so thrilled at the sight of their country's name on the space shuttle is that we don't realize how ingenious we really are. Canadians are, in fact, very inventive. Both Pablum and kerosene were invented in Canada, and so were a great many other things: the electron microscope and five-pin bowling, for example. Canadians have a long history of invention and innovation: perhaps it's those long winter nights that give us the time to think and dream.

Since this country was built on the wealth of its natural resources, it isn't surprising that we have a long list of innovations in agriculture, mining, energy, forestry and fisheries: everything from better barley to the first successful process in the world for freezing fish.

One of the major innovations that contributed dramatically to the prosperity of Canada's West was the development of Marquis wheat by Charles Saunders. More resistant to disease and with higher yields than the spring wheat Red Fife, which was in widespread use, Marquis wheat won the West after its introduction in 1908 because it could ripen in just 100 days.

Scientists at the Plant Biological Institute of the NRC in Saskatoon continue to work on crop improvement. Their breakthroughs in increasing yields and improving quality have found applications around the world. For Canadian farmers, their research into reducing crop damage caused by extremely cold weather has been very important.

Another innovation that changed the face of Canadian and world agriculture was the self-propelled combine harvester, built in 1937 by Thomas Carroll at the Massey-Harris factory in Toronto. The combine was as good as its name, rolling all the stages of wheat harvesting — binding, stooking, threshing and cleaning — into one.

In mining, innovations are less recognizable to the layperson. Canadians have been instrumental in developing and improving processes for finding, mining and treating ore. A few companies today are using advanced technologies to find new ways of doing the old jobs better. A company in British Columbia is building the first bioleaching plant in North America, using biological methods to treat ore concentrates for the recovery of metals. Companies in Sudbury, Ontario, are looking at continuous mining techniques to change radically the way mines are operated: such techniques would involve microelectronic technologies, including robotics and artificial intelligence.

The Skidoo is a familiar and, in some places, vital part of winter life in Canada.

SSC-Photocentre — Photo by Dunkin Bancroft

With its huge size, harsh climate and varied geography, Canada provides the ideal environment to inspire innovations in transportation. In 1937, Armand Bombardier received his first patent for a rubber-cushioned drive wheel and track that turned into the first commercial snowmobile in 1939. The original snowmobiles were multi-passenger vehicles. The two-person Skidoo, which did not come out until the mid-1950s, has become a familiar and, in some areas, vital part of winter life in Canada.

Aircraft have been especially important in Canada's growth. W.R. Turnbull's variable pitch propellor, developed in 1922, made the air transport industry possible by enabling airplanes to carry an economic payload, which they were unable to do with existing engineering. The patent was sold to Curtis Wright in the United States. The first commercial jet in North America and the second in the world, the Avro Jetliner, was built in Toronto and flown at Malton in 1949. A year later, it was the first jet airplane to fly in the United States. Construction of this aircraft was abandoned for management and technical reasons. Canada has had a long string of successes in small plane technology, however. This has been reflected in the success of short takeoff and landing (STOL) technology embodied in DASH-7 and DASH-8 aircraft, designed, developed and sold by DeHavilland Aircraft of Canada Ltd.

Canada's vast distances have also encouraged the development of communications technologies. In 1927, the Creed telegraph system was the first combined transmitting and receiving teleprinter ever invented; it increased the amount of news available to newspapers and permitted the expansion of the news wire services. The wirephoto system that allows us to enjoy photos with our newspaper stories was invented by a Canadian, Sir William

Stephenson (better known as the spy "A Man Called Intrepid"). The first successful radio-transmitted newspaper photo appeared in a British newspaper in 1924.

Then there was the plugged-in radio invented by Ted Rogers to eliminate the problems of weak crystal radio sets and inadequate batteries. In 1927 he figured out how to operate a radio using an alternating current tube that could be plugged into the standard 110-volt household current. He was one of the few inventors who managed to make a lot of money from his own invention.

We all know about the telephone being invented in Canada, but another first in telephone technology took place in Montreal in 1878, when the first telephone handsets in the world were installed. Canadian experience in communications has since grown into a world-leading expertise in telecommunications. Northern Telecom Canada Ltd. manufactured the world's first digital telephone switching systems and is now the world's leading manufacturer of fully digital communications.

In medicine, Canadians have made enormously significant contributions that are well known: insulin by a team of researchers at the University of Toronto, and the first mobile blood bank by Dr. Norman Bethune. Less known is the Canadian origin of the Cobalt Bomb treatment for cancer and the first practical diagnostic test for cancer, carcino-embryonic antigen (CEA).

These are a small number of the inventions and innovations that are part of Canada's history. Yet few Canadians would be able to name very many of them or even believe they were Canadian. Part of the problem is that many Canadian inventions have been commercialized elsewhere, mainly in the United States. One of the biggest losses to Canada was Automatic Machine Control by Recorded Operation (AMCRO), designed by Eric W. Leaver. In 1947, people came from all over the world to see automated machine tools, built by Leaver and G.R. Mounce, operating in a factory. But Leaver and Mounce were unable to obtain any financial support in Canada to develop their product. An American company eventually supplied the funding needed, and automatic control of machine tools grew into a multi-billion dollar business.

In the past, Canadians have not always managed to find the financial and marketing support needed to transform their inventions into innovations. With our natural resources in great demand throughout the world, it was often easier and more immediately profitable to invest in resource development. Today, with technological innovation determining international competitiveness in all industries, including natural resources, Canadians are becoming aware of the importance of exploiting their innovations in the world marketplace.

II Understanding Innovation

Innovation is an economic activity that both influences, and is influenced by, the economy of a country. It enhances productivity and contributes to economic growth. An estimated 44 per cent of productivity gains in the United States have been attributed directly to technological innovation.

Innovation, the activity, results in a new product or process that is available for purchase. This link to the marketplace turns an invention into an innovation. Thus an innovation and an invention are not the same, because an idea for a new product or process is not necessarily of commercial use. It can lead to an innovation, but does not do so in every case. It may or may not be patented. Those inventions that do pass the test of technical success may not be marketable.

Generally there are two major types of innovations: new products and new processes. The introduction of new products is often associated with a growing economy in which there is a strong demand for new technologies. For a new product idea to become commercial, and therefore an innovation, both technical and marketing uncertainties must be overcome. New processes are often associated with the attempt to reduce costs in the innovating firm and thus tend to be introduced during economic downturns. Since process innovation is usually internal to a firm, its progress from idea to innovation has to overcome only technical uncertainty.

While some discussions hinge on which type of innovation, product or process, is "better" for a company, the distinctions between the two are not as clear-cut as the detractors of process innovations would wish. Indeed, process innovations may be necessary for the manufacture of a new product. As well, some processes are marketable on their own; for example, processes for upgrading heavy oil are developed and licensed by oil companies, suppliers, specialized firms and governments.

Whether it is product or process, a successful innovation must have two aspects. It must be a good idea based on sound technical knowledge, and it must be aimed at a clearly identified need and a potential market. With only the former the innovation would be driven by "technology push;" with only the latter it would be "market pull." While one or the other may predominate for any single innovation, both are important for success.

In the innovation process, research provides the foundation for the development

and assessment of new products and processes. Basic research, usually carried out in public institutions such as government and university laboratories, addresses the scientific principles underlying nature and technology. Applied research is done by industry, although it may also be carried out in public institutions with the involvement of industry. Applied research is necessary to bring the invention to a stage where its potential for commercial application can be tested.

As Christopher Freeman notes in *The Economics of Industrial Innovation*, this century has seen a major growth in the R&D system, accompanied by an increase in the "professionalism" of R&D. Large R&D organizations have been established in both the public and private sectors. This has occurred in part because of the increasingly scientific character and complexity of technology. For some types of projects, the required mix of skills and expertise can be found only in a large group. The same type of project may also require a major long-term investment of funds available only in large corporations. Many important inventions, for example semi-conductors, nylon and television, have resulted from professional R&D efforts carried out over long periods.

There continues, however, to be a role in technological innovation for individual inventors and small companies in those areas where less infrastructure and capital are required. This seems to be especially true for microelectronics.

The key to innovation is commercialization, as an invention only becomes an innovation when it can be bought and sold. Studies of the innovation process have shown that innovators who make the effort to learn the future needs of their customers are more successful than those who don't. This is accomplished by ensuring adequate links between R&D and marketing.

Another step in the innovation process is the transfer of technology. Firms develop innovations from technology acquired from originators elsewhere; for example, other companies and government laboratories at home or abroad. Even for those companies that have their own research units, some elements of the basic research underpinning the invention may be sought from another laboratory.

Technology may also be acquired in a more finished form by purchasing a licence to manufacture or use an existing product or process. The most common form of technology transfer occurs every time a piece of equipment is purchased, because the technology embodied in that equipment is also purchased. In essence, the user of the equipment now has access to this new (at least to the company) technology. This latter form of technology transfer does not confer the same benefits as licensing, which also deals with existing technology. While the buyer may get some experience with the use of the item embodying the technology, real benefits in advantage over competitors will be gained only if the equipment can be adapted, upgraded, better produced or marketed than a competitor has done.

Other forms of technology transfer include the movement of individuals among firms, strategic alliances of smaller firms with larger ones, joint ventures, takeovers and transfers from parent to subsidiary plants in multinational corporations.

The final stage in the extended innovation process is the diffusion of the new technology beyond the first user. The importance of this phase to the international competitiveness of a country should not be underestimated. The rate of technology diffusion reflects both the ability of industries to take up new technologies and the rate of capital investment. Thus it can offer an indication of the health of an industry. Similarly, the rate of technology diffusion can be related to regional disparities within a country like Canada, where companies in some regions will have more ready access and be better equipped to use new technologies.

Technology diffusion varies between industries and within industries, depending upon the size and location of companies. While the first user may suffer the costs of debugging and other "teething pains," in general, early adopters of a new technology reap more benefits by exploiting the competitive edge than later adopters do.

Innovation is a risky business. No one can predict accurately what action competitors or consumers will take in response to an innovation. Returns are uncertain with each innovation, but over the longer term the successes of some innovations will balance the failures of others. The results of not innovating are certain: loss of profitability and deterioration of competitiveness.

III The Canadian Innovation Chain

As an industrialized country, Canada must rely on technological innovation to maintain its position in world trade. With its small population, Canada cannot expect to generate sufficient new technology to maintain an exclusively "made-in-Canada" policy. Our economic success lies rather in finding the best combination of domestically- and foreign-generated technologies, and blending these to our advantage.

Technology is available for use and exploitation from a wide range of sources, including universities, government laboratories, industrial research institutes, individual companies and to a much smaller degree, individual inventors. Canadian companies can obtain access to foreign technologies through links with parent companies, if they are subsidiaries of multinationals, through licences and through various forms of joint ventures. But are Canadians taking advantage of these opportunities?

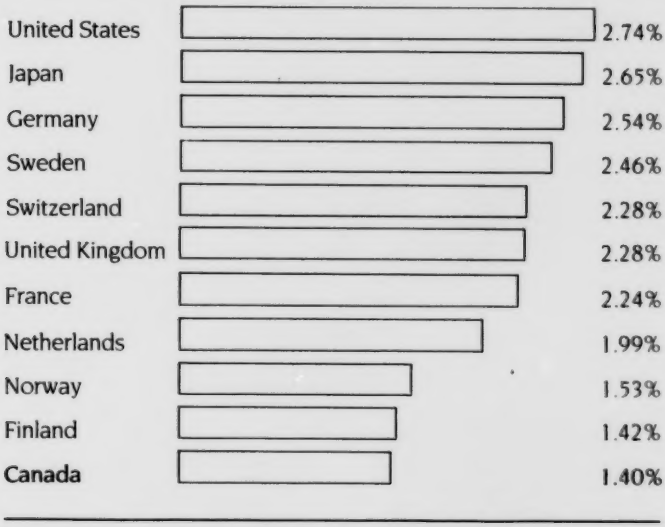
The innovation process can be viewed as a series of stages linked together like a chain. The chain connects the invention to the marketplace. The first link in the chain is R&D. The relationship between R&D and the adoption of new technologies has been addressed in many studies. It is now generally accepted that those industries and countries which have a strong R&D base also have a greater capacity not only to create but also to use new technology.

In 1985, expenditures on R&D in Canada totalled approximately $6.53 billion, or about 1.37 per cent of Gross Domestic Product (GDP). In 1986, the figure was 1.35 per cent, and, for 1987, it is estimated at 1.30 per cent. This downward trend is disturbing, but just as significant is the comparison of the figure for Canada's R&D expenditures as a percentage of GDP relative to those of other industrialized countries. Figure 1 shows Canada's position relative to its major competitors in 1984, according to information provided by the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD).

While it may be understandable that our ratio of expenditures is not as high as for the technology leaders, the United States and Japan, it is much more difficult to appreciate why we do not even spend relatively as much as the Netherlands, Norway or Finland, countries with much smaller populations than Canada.

Arguments have been advanced that Canada cannot really be compared to other industrialized countries in this way because our industrial structure is very different. However, even with adjustments to take this difference into account,

GRAPH 1. Expenditures on R & D as a Percentage of GDP (OECD, 1984)



Canada's expenditures are still lower than other OECD countries.

A particularly embarrassing comparison is often made between Canada and Sweden. The strong interest of the Swedes in R&D, as reflected in the table above, may explain why they have been so successful in developing technology-based industries related to their natural resource industries and Canada has not. Canadian forests are harvested with Swedish chainsaws. Canada does not manufacture any chainsaws, despite having one of the largest forest industries in the world. As Norman Clark notes in *The Political Economy of Science and Technology*, "investment in science does not so much 'push innovation' as acts as a necessary condition for industrial survival."

Canada also has a serious problem in its balance of trade in high technology products: our high technology trade deficit is growing at five per cent per year — twice the rate of GDP growth. In 1985, Canada had a trade deficit of $5.84 billion in high technology products, the worst among the Economic Summit countries, with the major categories being television receivers and electronic computers. Every $1 million of computer imports costs ten Canadian jobs. Creating major markets for domestically made technology would help to diminish the quantity of imports.

Patents are often used as a measure for comparing innovation among countries, because they offer a considerable amount of information about inventions over a long period of time. Considered an indicator of creativity, patents reflect a country's capacity for invention and the interest of foreign inventors in exploiting its markets. The Canadian government grants patents for a period of 17 years. Each patent allows sole right by the patentee to make, use and sell the patented invention in Canada for that period. An invention must be a product, composition, apparatus or process that is new, useful and inventive in order to be considered suitable for patenting.

Although the inventions represented by patents are not innovations because they are not yet commercialized, they are consi-

dered "potential innovations" for the purposes of assessing the state of technological development in national industry. Care must be taken when interpreting patents as indicators, for not all inventions are patentable nor indeed are all inventions patented. Either for reasons of secrecy, cost or speed of technological change, some inventions are never patented. As well, some industries are more inclined to take out patents than others; for example, the chemical and plastics industries are more likely to patent, whereas the defence industries are not. Other drawbacks to the use of patents as indicators include the fact that not all patents are worked and that patent legislation is not internationally uniform.

Patenting peaked around the world in 1972, declined slightly in the mid-1970s and is now stable. Among industrialized countries, only Japan continues to increase its number of patents annually. In the United States, France and the United Kingdom, the number of patents being taken out is less now than it was in the 1930s. Canada has been able to maintain a level of patenting well above 1930s levels.

As a source of new technology, however, Canada is relatively insignificant. We create only 0.3 per cent of the world's patented inventions, compared to 9.9 per cent by Japan, 8 per cent by the United States, 1.9 per cent by Germany and 1.8 per cent by France. In 1983, residents of other countries, mainly from the United States, filed 92 per cent of the total patent applications in Canada. This is an unusually high proportion of foreign-owned patents, but does not mean Canadians are uninventive; rather, it indicates the attractiveness of the Canadian market to foreign businesses. It also indicates that Canada has the capacity to use new technologies.

Canadians' ability to exploit their own inventions abroad, as measured by the number of patents taken out in other countries by Canadians, is not as impressive. Canadians hold only about 1.5 times the number of patents abroad as they do at home. The Dutch hold 9.9 times as many patents in other countries as in the Netherlands, the British 2.2 times more than at home and the Germans 4.2 times. Canadians file for more patents in the United States than they do in Canada, illustrating their dependence on the US market.

As with R&D, most of the patenting in Canada is done by a few companies: in 1983, 17 per cent of the patenting firms received 50 per cent of the patents granted to corporations. Fewer patents are taken out by universities and governments because of their concentration on basic research, which tends to lead to fewer patentable inventions.

What do the patent statistics tell us about Canadians' creativity? Although we are a source of only a small percentage of the world's new technology, we are viewed by other countries as a profitable market for exploitation of their innovative products and processes. But we do not do a good job of exploiting abroad the new technology we generate here. For a more complete discussion of patents and their meaning, see *Science and Technology Indicators*, published by Statistics Canada (Catalogue 88-201).

The next link in the innovation chain is technology transfer. The transfer of technology is essential to the competitiveness of Canadian industry because few companies in Canada carry out significant R&D, and even they must draw on existing as well as new technology.

Within the private sector, mechanisms for transferring technology include consulting companies, patent agencies, brokerage agencies, such as the Biomedical Investment Opportunities Services (BIOS) Inc., and industry associations and research institutes, such as the Canadian Gas Research Institute (CGRI) and the Pulp and Paper Research Institute of Canada (PAPRICAN). Inter-corporate transfers of technology also take place through routes

such as licensing products or processes, purchasing equipment embodying technology, strategic alliances, joint ventures and outright takeovers. In multinational companies, of which Canada has many, R&D is commonly carried out by the parent company and transferred to the subsidiary companies. A more detailed discussion of industry activities follows in the section "Partners in Innovation."

Because of the importance of technology transfer, both federal and provincial governments offer a range of programs and services to assist industry. Contracting out government projects to the private sector is one direct method of promoting technology development and transfer. Many government departments and agencies have offices of technology transfer to help industry gain access to, and commercialize, the results of government research. An extensive network of technology centres across the country, supported by governments, is designed specifically to transfer and diffuse technology. Some of these centres have been established at universities, many of which also have their own offices of technology transfer.

The final stage of innovation is the diffusion of the new technology. Factors that affect the rate of technology diffusion include financing, the size of firm, projected market size and stability, level of competition, level of R&D, relationship of multinationals to their subsidiaries, and government taxes and other incentives.

Studies in the late 1970s and early 1980s seemed to indicate that Canada was slower than many other industrialized countries in obtaining and using new technologies. A discussion paper from the Ministry of State for Science and Technology, entitled *Technology Diffusion in Canada: Myths and Realities* and published in 1986, surveyed the more recent literature and concluded that no generalization could be made about the state of diffusion in Canadian industry as a whole. The situation varied greatly from industry to industry and even within industries, often depending upon the location of the companies. This is not surprising in a country as geographically large and regionally diverse as Canada.

One factor which may slow the flow of a new technology into an industry is the size of companies. Canada has a relatively large proportion of small and medium-sized enterprises which may not have the knowledge, investment capability or personnel needed either to identify the appropriate technology or to enable them to adapt it to their own use. Many smaller manufacturing companies, for example, do not have an engineer on staff who could deal with advanced manufacturing technologies. In any case, the owner-managers of such businesses may be so preoccupied with day-to-day operations that they may not have the opportunity to identify and shop around for the most up-to-date and practical technology. The network of technology centres across the country was established to assist these companies.

While small business in Canada does deserve special consideration, manufacturing firms with fewer than 100 employees account for less than 25 per cent of manufacturing output. Thus, larger firms, especially in the more mature industries such as traditional manufacturing and natural resources, must be made aware of the importance of innovation to international competitiveness: they cannot become complacent.

One of the constraints on the adoption of new technologies, as identified by some Canadian companies, is the lack of suitably qualified technical personnel. A lack of trained and talented people is a problem not only for industry: universities in Canada are also facing shortages of researchers in key areas such as advanced industrial materials. Canada has only 90 scientists and researchers for every 100,000 persons. This contrasts sharply with the United States with 280 per 100,000, Japan with 240, West Germany with 150, and the United Kingdom with 140.

The Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC), in a report entitled *Research Talent in the Natural Sciences and Engineering*, suggested that improving the "productivity" of researchers could help to relieve the shortage. Improvements to infrastructure and equipment, more technical support and better career opportunities could encourage researchers to remain active in R&D longer. Immigration does not offer an adequate solution to shortages in Canada of certain disciplines, because many of these disciplines are in short supply worldwide.

Because of their poor financial situation and the age of faculty members, universities in Canada are having difficulty responding quickly to the demands created by the new technologies. There are few job openings for researchers at universities or in government laboratories, where financial restraint has made an impact. In industry, the applied nature and short-term orientation of the little R&D that is done has meant that researchers have required only bachelor or masters degrees, not doctorates. Consequently there has not been a large market for highly qualified personnel in Canada. Without a better outlook for jobs in R&D in the near term, Canada may lose to other countries those few researchers who are being trained here.

The training of talented, skilled researchers, engineers and technicians requires a long lead time, but it is essential to Canada's future prosperity. The responsibility lies not only with the universities, but also with government, through the granting councils which fund university research, and with industry, which must recognize the importance of this "intellectual capital" to its own success.

Another important player in innovation is the entrepreneur: that almost mythical person who is credited with single-handedly managing the transformation of an invention into an innovation. Entrepreneurs are a strong force but they do not act alone; in small or large companies they must work with others to create a successful innovation. To succeed within a large company, a new effort often requires a "champion" at a senior level. This may be a vice-president, whose job it is to sell the idea to other senior officers. The champion must rely on the R&D done by the scientists and technologists and on the production quality and marketing ability elsewhere in the company.

The spirit of entrepreneurship that drives to win profits from the marketing of a new idea is important to the success of any innovation. The courses in entrepreneurship and innovation now offered by many Canadian universities are helping to develop a new generation capable of exploiting and developing technology to the fullest.

IV Partners in Innovation

The creation and application of innovations thrive on interaction among the various sectors of the economy. Those countries that are most successful in developing, using and selling new technologies have systems of research, development, design and commercialization to support strong innovative efforts: industries and universities work together, government contracts promote innovation, special financing arrangements assist companies in marketing their technologies internationally.

While each sector has its own role in innovation, it must act with the others to ensure success. In Canada, the recognition of the economic importance of this total cooperative effort has come only recently. Strong links are being forged among industry, universities and governments; sectors that in the past have often functioned in isolation from one another.

A. Industry

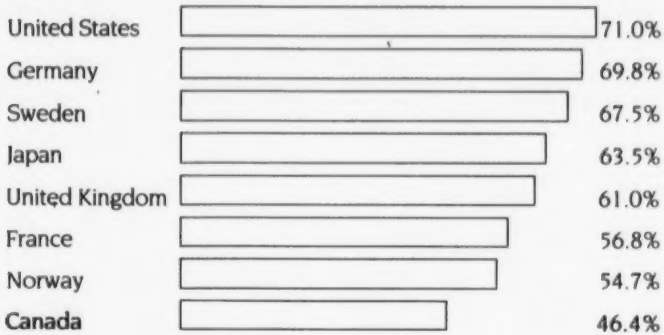
Technological innovation makes and keeps industry competitive. The capacity to create and use innovations depends, however, on the level of R&D activity. Canadian industry contributes much less to total national expenditures on R&D than industries in other major industrialized countries. Graph 2 shows OECD statistics for 1983.

In 1985, industry in Canada accounted for 51 per cent of the approximately $6.5 billion worth of R&D expenditures by all sectors. Universities accounted for 23 per cent, and the federal government for 21 per cent. The encouraging growth in industry's R&D expenditures continues the trend of the last 20 years.

R&D has not been a major activity in most industries in this country. Very few companies in Canada spend a significant portion of their annual sales on R&D, that is, 10 per cent or more. Most companies do no R&D at all. About 50 per cent of the total expenditures are accounted for by two per cent of the firms performing R&D. It is not surprising then that industry supports only about three per cent of the university research in Canada; US firms support about five per cent of the university research in that country. While many business leaders agree that the total amount nationally of industrial R&D is inadequate, they also believe the expenditures on R&D by their own companies to be sufficient. The level of R&D expenditures by industry may be as much a problem of attitude as of investment.

In technology transfer and diffusion the situation is more positive, as firms in Canada can still gain access to technology from elsewhere and, depending upon the indus-

GRAPH 2. Percentage of Total R&D Expenditures Contributed By Industry (OECD, 1983)



try, may be able to pick up and use these new technologies quickly. However, we may not be allowed to continue to obtain others' technology so easily.

Technology is increasingly becoming the object of protectionist measures, as countries and companies recognize the competitive advantage of the newest technologies. Without its own technology to trade, Canada may see its access to the latest technological developments greatly reduced.

The major R&D performers in Canada are the manufacturers of communications equipment, a field of technology in which Canada is a world leader. R&D expenditures by this group have increased almost five times since 1978. Manufacturers spend an average of 11 per cent of sales on R&D, which has resulted in a domestic communications industry that is internationally competitive in applications of microelectronics techniques and with a competitive edge in digital and packet switching. Second and third in R&D are engineering and scientific services, and aircraft and parts manufacturers. Together, these three groups account for about half of all R&D expenditures by industry in Canada.

The fourth major R&D performer is the petroleum industries group; however, annual R&D expenditures by this group have declined since 1981, and have not increased with the recovery from the economic recession of the early 1980s. Now, of course, uncertainty in oil prices is affecting investment by the petroleum industries.

In Canada approximately 50,000 businesses are involved in manufacturing and in technology-dependent services: less than three per cent of these do any R&D at all. Most Canadian firms rely on borrowed or imported technologies, thus limiting the possibility of technological spin-offs to other related industries.

Short-term financial considerations in investment decisions also affect the use of the newest technologies. In *Management in Crisis: Implementing Computer Integrated Manufacturing in Canada*, the Canadian CAD/CAM Council indicated that such short-term views had been responsible at least in part for the slow adoption rate of CAD/CAM technology in Canada. The Council noted that conventional cost-accounting does not allow managers to assess many of the benefits of computer integrated manufacturing because the major cost advantages are reductions in overheads and improvements in non-quantifiable areas such as improved qual-

ity and faster moving of products to market. Canadian firms using computers in their manufacturing processes have reported average increases in productivity of 62 per cent, average increases in sales of 38 per cent and moderate to large improvements in quality.

While capital expenditures by Canadian industry are increasing, the Council suggests that there may be a problem with placing this investment. Too much may be going into expanding capacity and not enough into making existing capacity more productive. Japanese firms spend twice as much as North American firms on capital investment, but most of it goes to existing manufacturing in such areas as materials handling, and equipment and process improvements.

Companies choosing to develop or adopt new technologies may use various mechanisms to do so:

- In strategic partnering, a smaller leading-edge firm and a large international corporation may join together for mutual benefit in technology development, supply and marketing.

- By purchasing a licence to a technology, a firm may obtain the right to manufacture or use an existing product or process, although this route is also open to their competitors and does not provide a strong advantage.

- A firm may enter into joint ventures with other companies to develop a technology, at least in the pre-competitive stages of generic R&D, which can be used later to develop proprietary products or processes for commercial applications.

- Acquisition of one firm by another remains one of the most popular methods of gaining rights to a new technology.

In the case of subsidiaries of foreign multinational corporations, national governments encourage the assignment of world product mandates by the parent company. This is the case in Canada where there is a large amount of foreign investment in the economy. Under a world product mandate, the parent company assigns to the subsidiary the development of specific new products for the world market. Once the subsidiary has carried out the necessary R&D, it then produces and markets the products world-wide. Studies have indicated that world product mandates have had a positive effect on the R&D efforts of foreign-controlled subsidiaries in Canada.

While foreign-based multinationals will continue to be major factors in the Canadian economy, a vigorous new domestic industry is taking advantage of the opportunities for growth provided by advanced technologies, especially information technologies. Clusters of high technology companies have sprung up across the country: in southern Ontario, of course, but also in the Ottawa area, in Saskatoon, in Victoria and in many other cities where the necessary infrastructure exists. This infrastructure includes a skilled, well-educated labour force, and university and government laboratories for research support and as a source of technology. In addition, a local venture capital community must be able to provide the needed financing and business advice for novice entrepreneurs.

As Denzil Doyle reports in *Technology Venturing in Canada*, experience in the Ottawa area and other technology-oriented complexes in Canada has shown that initial financing for small business start-ups must come from the local investment community. The national venture capital community is not interested in small seed capital financings. In general, the venture capital markets in Canada are as developed as those in Europe, but much less well-developed than those in the United States. A pilot program in Saskatchewan designed to encourage and support the development of new high technology businesses resulted in the emergence of a strong local venture capital community. The success of this program led the Province of

Saskatchewan to enact legislation to provide incentives for small business ventures. Other provinces have similar programs in place.

The new high technology companies will be important in shaping Canada's future. A few large high technology companies, such as Northern Telecom and SPAR Aerospace Ltd., are very successful internationally, but many tiny companies are struggling to find the right products for the international markets which will support their growth. At the same time, the traditional industries that Canada depends on to generate most of its wealth cannot be neglected: they must develop and implement technological innovations in order to maintain or regain their competitive advantage. This is especially true of the natural resource industries. Canada's growing high technology sector is still small: it would benefit from interactions with the traditional industries. The technology companies could provide the innovative products and processes needed by the established companies which do little R&D.

B. Universities

Universities are important players in the innovation process. They are first and foremost institutions of education and, as such, contribute to the supply of researchers, engineers, scientists and technicians who make innovations happen. Universities are also responsible for a significant amount of basic research and some applied research. Canadian universities have world-class expertise in such fields as lasers, synthetic fuels, remote sensing, and computer software. In addition, our universities have recently found a major role in cooperative and supportive activities for industry.

There are 50 degree-granting universities in Canada. Most are in Ontario and Quebec, but each province has at least one university which offers masters and doctoral degrees. Together, they carry out approximately a quarter of the R&D performed in Canada. OECD estimates from 1983, the most recent year for which their complete figures are available, indicated that universities in Canada did about the same amount of R&D relative to the national effort as universities in Japan, the Netherlands and Norway.

In 1986, approximately $1.6 billion was spent on research in Canadian universities. Of this, $640 million or 40 per cent was spent on natural sciences and engineering, $512 million or 32 per cent on medical sciences and $450 million or 28 per cent on social sciences and humanities. Canada compares favourably with many other industrialized countries in the amount of R&D expenditures by higher education establishments expressed as a percentage of GDP. (Graph 3)

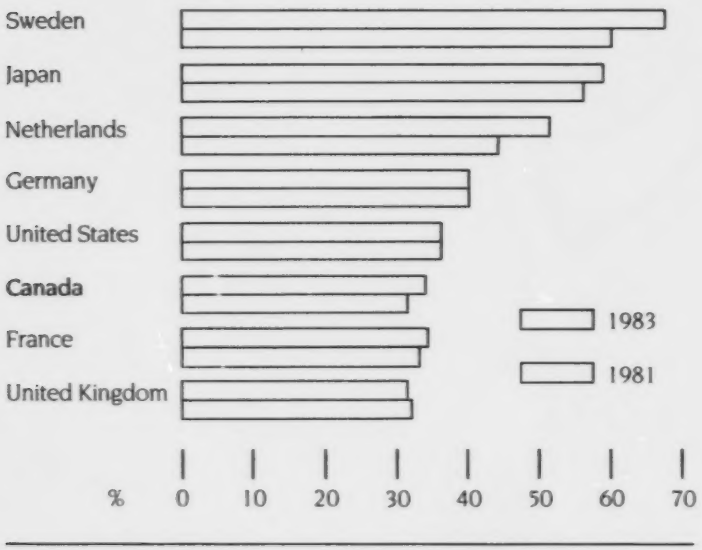
The bulk of the funding for university research in Canada comes from government: the federal government contributed 57 per cent of the external funding for university research in 1986, and the provincial governments contributed 20 per cent. Other sources of funding include the universities themselves, industry and non-profit institutes and foundations.

Most of the federal funding for university research is channelled through the three granting councils: the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC), the Medical Research Council (MRC) and the Social Sciences and Humanities Research Council (SSHRC). However, the universities also receive federal money through contracting for R&D projects with individual federal departments and agencies.

Provincial government funding comes to the universities directly or through the provincial research councils and research institutes.

While maintaining their strong base in fundamental research, Canadian universities are attempting to reach out more to industry. This strategy is designed to enhance the relevance and profile of the university in today's world, to increase financial support for university research, and to profit from the universities' own research by

GRAPH 3. Expenditures on R&D By Higher Education Establishments as a Percentage of GDP (OECD, 1986)



transferring technology to industry.

Governments at both levels are actively promoting university-industry links. The federal government has established the University-Industry Programs under NSERC and MRC, and the Canadian Research Fellowship under SSHRC, which involves the private sector. The University-Industry Programs support cooperative R&D between universities and the private sector through research grants and shared equipment, and they support technology diffusion through workshops and seminars, personnel exchanges and university-industry affiliations. In addition, NSERC helps companies to establish industrial research chairs at Canadian universities by sharing the cost of research professors' salaries, equipment and operating support. Forty-five such chairs have been established at the time of writing. Provincial governments are also promoting greater private sector investment in universities. For example, the Ontario Ministry of Colleges and Universities has set up the University Research Incentive Fund (URIF).

In order to encourage universities to seek private sector support more actively, the federal government has reoriented funding by the granting councils through the new Matching Grants Policy. The federal government will provide additional funds to the three research granting councils to match private sector contributions to university research. These additional funds are over and above the base budgets of the councils, which will remain at 1985-86 levels until 1990-91. Details of the Matching Grants Policy are available from the federal Ministry of State for Science and Technology.

University-industry links are also being strengthened by the establishment of technology and innovation centres at universities across the country. These centres are funded by governments, the universities, industry and private donors. Examples include the Centre for Cold Oceans Engineering (C-CORE) at Memorial University in Newfoundland, the Manufacturing Technology Centre at the University of New Brunswick, and the Research Centre

for the Management of New Technology at Wilfrid Laurier University. The Canadian Industrial Innovation Centre at Waterloo University grew out of an Inventors' Assistance Program that began in the 1970s. Another major industrial innovation centre, le Centre d'innovation industrielle, operates in Montreal, and the Centre de recherche industriel du Québec (CRIQ) supports a technical innovation office at the Université du Québec à Chicoutimi.

In their curricula, universities are now including innovation and attempting to educate for entrepreneurship. Courses with titles such as "Management of Technological Innovation and Entrepreneurship," "Elements of Industrial Innovation," "Creativity and Innovation," "Strategic Management of Technology" and "Entrepreneurship for Engineers" are found in engineering and business faculties across the country.

Many universities have set up offices of technology transfer to serve as points of contact between the university research community and industry. Their activities include technology brokerage and liaison with external groups and services, such as the NRC and provincial research organizations. These offices have proven financially useful in increasing research funds from the private sector and earning money through the royalties from licences on inventions and patents. They are credited with raising the awareness of faculty members of the value of dealing with the private sector.

As positive as this brief description of universities' innovation activies may seem, there are serious problems in the university system in Canada. The traditional culture of the universities has been self-contained and separate from other sectors of the economy: the shift to a more outward-looking and aggressive stance is happening, but slowly. The increasing costs of R&D, growing enrolments and shrinking budgets are placing enormous pressure on Canadian universities. Research equipment is aging and becoming obsolete, at a time when even more sophisticated machinery is required for leading-edge research. This is undermining the quality of research and education and making it more difficult to attract and hold talented researchers. Canadian universities are in financial crisis. Their irreplaceable contribution to the innovation process is in jeopardy.

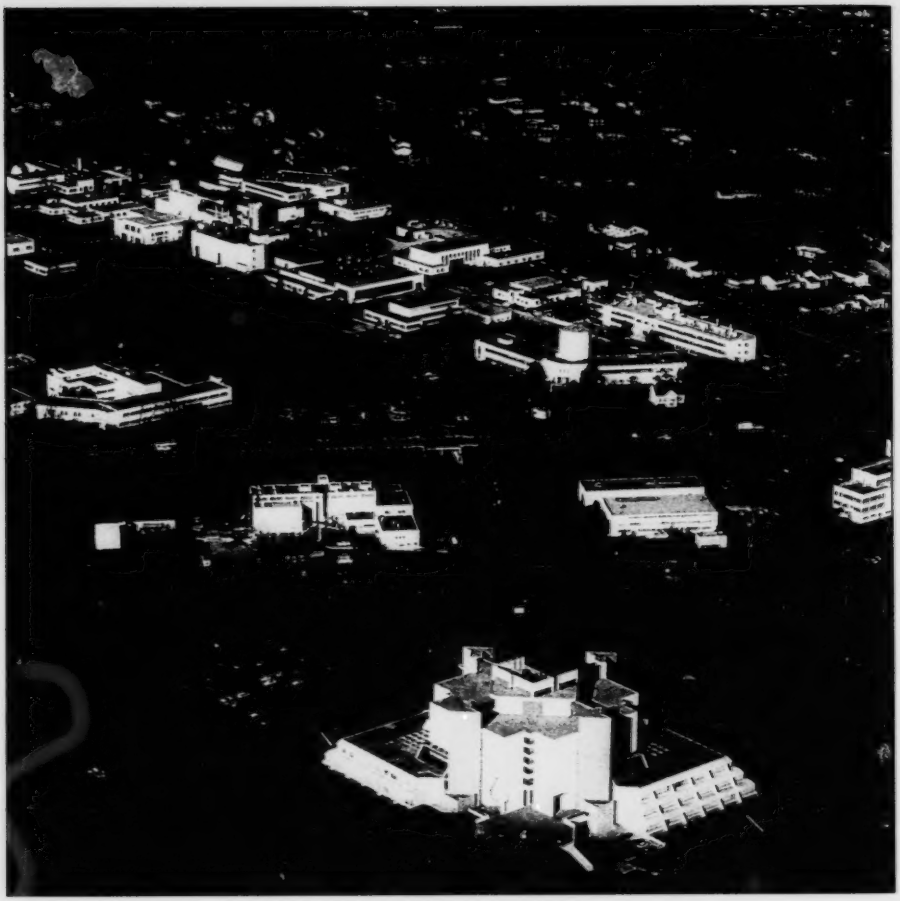
C. Government

Canada has a strong tradition of government involvement in science and technology. In the last century, the extensive network of federal government research facilities began with the establishment of the Geological Survey of Canada and the Research Branch of the Department of Agriculture. Today there are federal research laboratories in every province and in the Northwest Territories. All but two of the provinces support their own research facilities.

Government influences innovation by creating an appropriate economic climate through a mixture of mechanisms, including tax concessions, programs designed specifically to promote industrial innovation, its own R&D activities, procurement and contracting-out, and university funding.

The economic climate in a country will naturally affect the choices industry makes in investing in technology. With various policies and programs aimed specifically at innovation, the federal and provincial governments hope to reduce the risks and enhance the rewards for companies that wish to invest in industrial innovation. Tax concessions, for example, include allowing the deduction of all qualifying current and capital expenditures for research and experimental development conducted in Canada.

Direct federal funding for industrial innovation occurs through a variety of grant programs. The three major programs are the Industrial Research Assistance Program (IRAP), the Industrial and Regional Development Program (IRDP), which is



The National Research Council of Canada, with headquarters and laboratories in Ottawa (shown here) and laboratory facilities across the country, carries out the broadest range of scientific activities of any federal government department.

SSC-Photocentre — Photo by Fred Cattroll

being replaced, and the Defence Industry Productivity Program (DIPP).

IRAP, administered by the National Research Council (NRC), is aimed primarily at smaller companies and has the objective of assisting Canadian firms to develop or acquire and make effective use of appropriate, up-to-date technology, in order to stay, or become, internationally competitive. IRAP has been very successful and is well liked by industry; so much so that demand consistently exceeds the supply of funds and personnel time available.

IRDP has not been as well-rated by industry, which considers it bureaucratic and cumbersome. As well, IRDP has to satisfy the dual purpose of promoting both industrial and regional development. In 1984-85, the majority of projects under IRDP were

by smaller firms, but the greater share of program funds went to medium- and large-sized firms. The program has been administered by the Department of Regional Industrial Expansion (DRIE), which also administers DIPP. (In a recent reorganization, DRIE joined with the Ministry of State for Science and Technology to form the Department of Industry, Science and Technology). DIPP focusses on the defence industrial base and the development of a defence technological capacity. The main users of DIPP are large multinational corporations.

The federal government supports science and technology in the provinces through subsidiary agreements under the Economic and Regional Development Agreements (ERDAs). The individual provinces also have their own selection of programs aimed at promoting innovation by industry.

Other government support for innovation takes the form of disseminating scientific and technical information, public awareness initiatives, and training activities. As well, technology centres across the country provide technology transfer and technical training opportunities for industry. Internationally, the Technology Inflow Program uses Canada's network of science counsellors and Technology Development Officers (TDOs), stationed in our embassies and consulates, to help Canadian industry identify, learn about and obtain foreign technology. Assistance in export markets is provided through the Program for Export Market Development (PEMD).

Other federal government financial assistance for industrial innovation is provided in specific subject areas, such as communications, energy and agriculture, and through the university granting councils.

As a result of financial restraint in the 1980s, funding for government programs has at best been held constant, but more often than not reduced. New programs are generally funded by reallocating money from existing government activities in the same "expenditure envelope," that is, new science and technology programs have to get their money by taking money away from science and technology programs already in place. Canada's participation in the space station has been financed this way.

The discussion here is not intended as a detailed description of the programs offered by Canadian governments; rather, it gives a flavour of the type of support available to industry for innovation. A comprehensive summary of federal science and technology programs, entitled *The Government of Canada's Support for Technology Development* 1987, is available from the Ministry of State for Science and Technology. Information on provincial programs is available from provincial governments.

Total federal funding of science and technology in 1984-85 was $3.87 billion, of which $2.50 billion was for R&D. During the same period, provincial governments together spent a total of $188 million. The more than 60 federal government departments and agencies that either perform or contract out science and technology activities spent approximately $2.53 billion on science and technology in 1984-85. Their largest expenditure by far was on R&D in the natural sciences and engineering. Federal laboratories deal with a wide range of activities including basic and applied research, regulatory support, and standards setting. The NRC covers the greatest diversity of activities.

The federal relationship with industry is maintained through cost-shared R&D, advisory boards and offices of technology transfer. Efforts have been made in recent years to strengthen the relationship of government R&D with industry. Critics fear this may go too far toward making government research a captive of short-term industry concerns, causing the abandonment of valuable fundamental research.

Procurement and contracting-out are other

TABLE I

FEDERAL S&T EXPENDITURES 1984-85 (Millions of Dollars)

	Total S&T 3,874			
	NSE S&T 3,151		SSH S&T 723	
	R&D	RSA	R&D	RSA
Total	2,347	804	153	570
Intramural	1,333	637	57	502
Industry	416	81	5	12
Universities	450	44	56	23
Other	148	42	35	33

Source: Statistics Canada

ways in which governments can influence innovation. In Canada, the federal government alone purchases over $6 billion worth of goods and services from the private sector each year. By purchasing new technology, government provides a measure of market security to companies providing new products, services and processes. Contracting-out facilitates the transfer of technology to industry and can generate significant spin-offs. This is true especially if the project is designed in close conjunction with the private sector. However, the question of intellectual property rights has been an issue with government contracts because rights have resided with the Crown. This may have been a disincentive for some companies to participate in these contracts.

The federal government recently announced that it will be providing $100 million for initiatives under its InnovAction strategy. Five major program areas have been identified:

1. Industrial innovation and technology transfer;

2. Strategic technologies (biotechnology, microelectronics and advanced industrial materials);

3. Management of federal resources for science and technology;

4. Human resources (highly qualified scientists, engineers and technologists; work force adaptation to technical change); and

5. Promoting a science-oriented culture (public education, awareness). Some programs in these areas existed prior to the announcement of the strategy.

Two other recent major actions by government in innovation policy are notable: the establishment of the prime minister's National Advisory Board on Science and Technology (NABST), and the signing of the National Science and Technology Policy. The purpose of the Advisory Board is to assess and help develop national science and technology goals and policies. Chaired by the prime minister, it is made up of representatives from the private sector, the academic community, and labour. The influence of the Board will, of course, depend on the weight it can exert on government policies and programs.

In March 1987, the federal, provincial and territorial ministers responsible for science and technology signed the National

Science and Technology Policy. The statement of the policy reads:

> "The Policy is to bring science and technology fully to bear on the economic, social, cultural, and regional development of our country, by encouraging cooperation among governments, and between the public, quasi-public and private sectors."

Six objectives are set out:

1. Improving industrial innovation and diffusion;

2. Developing strategic technologies;

3. Ensuring the necessary pool of highly qualified people;

4. Supporting basic and applied research and development;

5. Dealing with the effect of technological change on society;

6. Promoting a more science-oriented culture.

The mechanism chosen to achieve these objectives is a Council of Science and Technology Ministers, composed of federal, provincial and territorial ministers responsible for science and technology. The Council has established working groups to study each objective and propose action. What this action will be, and its effect on the real progress of technological innovation in Canada is unknown. However, both NABST and the National Policy indicate that governments in Canada are at least beginning to appreciate the significance of science and technology to this country's future.

V Working with Innovation

Everyone understands the importance of competitiveness and economic growth to the wealth of a country, but many fear the consequences of technological innovation, especially in the workplace. Visions of workerless factories are powerful and frightening and cannot be dismissed as fantasy. The impact of innovation on jobs is a complex issue, because people will be affected by both the number of jobs to be lost or gained and the quality of the jobs created.

The recently published research report by the Economic Council of Canada entitled *Innovation and Jobs in Canada* provides a comprehensive assessment of the problems of labour market adjustment associated with the introduction of new technologies. A special survey of a thousand Canadian businesses, detailed studies of a small number of organizations, and existing information were used to develop this assessment. The report concludes that the adoption of high-technology innovations in Canada will affect the labour market and will be very hard on some individuals. However, the opportunities for increased productivity, higher quality goods and services, greater competitiveness and increased employment cannot be ignored.

Historically, technological change has not resulted in significant unemployment because new technologies have tended to be introduced at times of economic growth. Unemployment of workers displaced by technology has been short-term while they acquired the skills necessary to adapt to the new technology or took up other occupations. While this may be encouraging to society at large, it is little comfort to workers who see fewer jobs available in their areas of experience.

Different industries are affected in different ways by the adoption of new technologies. Some, for example the automobile industry, may lose jobs, while the number of jobs in others, such as the service industries, will expand through the use of new technologies. The application of computer integrated manufacturing (CIM) results in the upgrading of some skills, the downgrading of others, and a considerable loss of middle-level jobs. CIM creates more highly skilled and flexible jobs in areas such as training, planning, troubleshooting, preventive maintenance and hardware and software specialties.

In several cases where the effect of technology was expected to be strongly negative, it has had the opposite effect. Word processors were expected to drastically reduce the number of secretarial positions needed to run an office. In fact, the increases in productivity that could have

resulted in job losses were more than balanced by the addition of more tasks and new types of work that had not been possible using the old electrical or mechanical equipment. The demand for secretaries and typists has certainly not suffered from the introduction of word processing technology.

Similarly, the demise of the accounting profession was anticipated with the introduction of computers and calculators, which was to have increased the productivity of number manipulation so much that far fewer individuals would be needed to carry out the same amount of work. Instead, accounting has expanded beyond arithmetic into such areas as value-for-money auditing, computer auditing and personal financial services. Accounting is still a growth industry.

There is no doubt that jobs will be lost in the adoption of new technologies. However, it is important not to generalize from the individual company or industry to the economy at large. Jobs may disappear from production or processing, but greater productivity can result in increased output which will have a positive effect on employment elsewhere in the firm, for example in finance, purchasing, sales, and management.

Technological innovation is creating the need for employees with new or different skills. Canadian companies are responding to this need by retraining existing employees in preference to recruiting new ones. Such retraining has generally been inadequate as few firms have much experience with retraining on a large scale, and little public infrastructure exists to support industry with this task. Educational institutions have not addressed the retraining of employed workers to the same degree that they have addressed the training of the unemployed.

The high technology sector itself, if it is defined only as those industries designing, producing and servicing high technology goods, is very small in Canada. Although it is growing rapidly, it will have little direct effect on employment for some time to come. But advanced technologies have widespread applications across all industries. Their ability to improve productivity and quality throughout the economy means that they will affect employment in other industries, as well as their own. This effect will depend on how the various industries acquire and use the new technologies. The mix of occupations and the number of jobs available will change as industries change and grow, fade or disappear, as they have throughout history.

The new technologies are leading some companies to implement organizational innovations in job design, hours of work, decision-making, and remuneration. Socio-technical systems (STS), for example, combine both social (human) and technical elements in organizational design. The semi-autonomous work group is an important element of these systems. The group is responsible for a natural, whole unit of work and has some independence in performing the various tasks related to that unit of work. Workers in the group learn to perform all the necessary tasks and thus can enjoy different work assignments within the same work unit. Many of these organizational innovations have originated in other countries, such as Japan and the United States, and as yet are being used only in a limited way in Canada.

The two major approaches to innovation in the workplace are:

- changes in the design of jobs, such as job enlargement or rotation, where workers carry out a wide variety of tasks, and job enrichment, where more responsibility is added; and

- changes in the process of decision-making, where employees are involved in decisions concerning the process of production.

The well known quality circles, developed by the Japanese, contain elements of both approaches. Quality circles are small

groups of workers involved in plant operations. The workers discuss production problems and solutions and act to implement and monitor these solutions with the approval of management. Other similar "small group activities" join workers and their supervisors in addressing operations management in order to promote more effective worker-management communications. These types of innovations are not yet commonly used in Canadian companies. The Economic Council's survey found that fewer than a quarter of the respondents practised schemes to redesign jobs through enlargement, rotation or enrichment, and only 13 per cent used Japanese-style quality circles.

Joint labour-management committees are the most popular form of novel decision-making arrangements in Canada, according to the Economic Council survey. While nearly 30 per cent of respondents had established such a structure, they had not used them extensively in the planning process preceding the adoption of a new technology.

New forms of compensation for work are often associated with organizational innovations. These include employee profit-sharing schemes, arrangements for employees to share in cost savings for which they may have been responsible, and productivity bonuses. Increased job interest, less absenteeism and better labour-management relations have been attributed to productivity bonus plans.

Hours of work is one area where many companies have attempted change, even when they have not tried the more "radical" organizational innovations. Social changes, as well as the new technologies, have influenced how much time is spent on the job. The greater number of women in the workforce, seeking more flexible work arrangements to accommodate family demands, has been a factor spurring this innovation. One example of how hours of work are being altered to meet this need is job sharing, where two employees share one full-time job. Unlike part-time work, which is found in lower-paying jobs, job sharing is more common in higher-level professional jobs.

Work sharing is designed to eliminate the need for temporary layoffs in a company by reducing the hours of work available to all employees, thereby avoiding individual layoffs. Employment and Immigration Canada administers the Canadian Work Sharing Program which has been credited with averting three quarters of the expected layoffs in 1983.

One innovation that incorporates new technology as well as changes to hours of work is so-called remote working in its most modern form of "telecommuting." New microelectronics technologies permit more work to be done at home and transmitted directly to the office. Remuneration is often on a piece-work basis, however, and workers do not receive the usual benefits. In addition, no one has yet devised a suitable technological substitute for the social aspects of working.

Organizational innovations are a natural offshoot of technological change. Many companies in Canada are still operating in the traditional ways that most of their managers grew up with. As more and more Canadian companies use the newest technologies, they will recognize the importance of adopting organizational innovations that will ensure a well-trained, committed workforce.

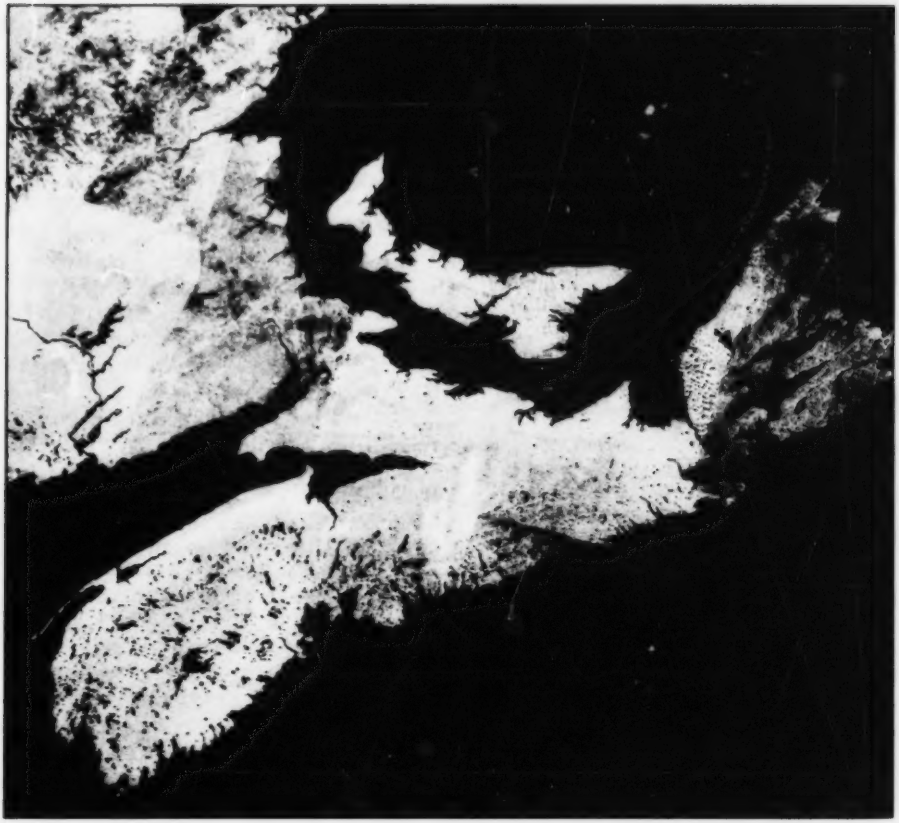
Conclusions

Nations all over the world are recognizing that technological innovation provides the competitive edge in international trade. Innovation boosts productivity and drives economic growth. As a trading nation and an industrialized economy, Canada ignores the world technology race at its peril. Recent OECD reports painted Canada's current economic situation in glowing terms, but such reports mask the problems Canada may have in the longer term. Future problems with competitiveness are foreshadowed today in our high technology trade deficit and low level of industrial R&D. Should Canadians be worried?

Canadians have both strengths and weaknesses in innovation. It is all too easy to focus, in the Canadian way, on our weaknesses. Our strengths lie in our inventive spirit, our well-educated and skilled population, our long history of investment in science and technology in the public sector. We are already established as world leaders in certain areas of technology, such as remote sensing and telecommunications.

We cannot expect to excel in all fields of technology but we can in those that are most practical for us to develop in Canada: fields such as ocean industries where we already have a good start, environmental technologies and advanced technologies for the resource industries. It is very tempting to say that we don't have to invest in R&D, that we can simply buy all the technology we need from other countries. But other countries who are investing heavily in R&D are becoming more and more protectionist with their own technologies and less and less interested in sharing it, while it is still at the leading edge, with countries that have no equivalent level of technology to trade. We would end up with only second-hand technologies.

We have the opportunity to build our future on technological innovation. Success depends on a cooperative national effort with all sectors of the economy working together.



The Maritimes, from Landsat satellite images: Canada is a world leader in the development and use of remote sensing techniques.

This aerial photograph © 1975 Her Majesty the Queen in Right of Canada, reproduced from the collection of the National Air Photo Library with permission of Energy, Mines and Resources Canada.

Glossary of Acronyms

CAD/CAM	Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing
CIM	Computer Integrated Manufacturing
ERDA	Economic and Regional Development Agreements
GDP	Gross Domestic Product
MRC	Medical Research Council
NRC	National Research Council
NSE	Natural Sciences and Engineering
NSERC	Natural Sciences and Engineering Research Council
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
R&D	Research and Development
RSA	Related Scientific Activities
S&T	Science and Technology
SSH	Social Sciences and Humanities
SSHRC	Social Sciences and Humanities Research Council

* The Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) promotes economic growth and the expansion of world trade. The member countries of the OECD are: Australia, Austria, Belgium, Canada, Denmark, Finland, France, the Federal Republic of Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Japan, Luxembourg, the Netherlands, New Zealand, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, the United Kingdom and the United States.

Bibliography

Beaumier, Guy. *Innovation in Canada and the Role of the Federal Government*. Ottawa: Library of Parliament, 1983.
Published also in French under the title: *L'innovation au Canada et le rôle du gouvernement fédéral*.

Brown, John J. *Ideas in Exile*: A *History of Canadian Invention*. Toronto: McClelland and Stewart, 1967.

Canada. Ministry of State, Science and Technology. *The Government of Canada's Support for Technology Development*: A *Summary of Federal Programs and Incentives*, 1987/*L'appui du gouvernement du Canada au développement technologique : sommaire des programmes et des stimulants du gouvernement fédéral* 1987. Ottawa: Supply and Services Canada, 1987.

Canadian CAD/CAM Council for the Advancement of Computer Integrated Manufacturing. *Management in Crisis*: *Implementing Computer Integrated Manufacturing in Canada*: A *Report*. Ottawa: Regional Industrial Expansion, 1986.
Published also in French under the title: *Crise au sein de la gestion : mise en œuvre de la fabrication intégrée par ordinateur : rapport*.

Clark, Norman. *The Political Economy of Science and Technology*. New York: Blackwell, 1985.

Conseil de la science et de la technologie (Québec). *Science et technologie, conjoncture* 1985 : *premier rapport sur la conjoncture scientifique et technologique au Québec*. Sainte-Foy, Qué: 1986.

Doern, G. Bruce. *Science and Politics in Canada*. Montréal: McGill-Queen's University Press, 1972.

Doyle, Denzil. *Technology Venturing in Canada: A Guide to the Commercialization of the Results of Federally Funded Research in Your Community*. Ottawa: Ministry of State, Science and Technology, c1986.
Published also in French under the title: *L'établissement d'entreprises de technologie au Canada : guide de commercialisation des réalisations de la recherche financée par le gouvernement fédéral dans votre localité*.

Economic Council of Canada. *Innovation and Jobs: A Research Report*. Ottawa: Supply and Services Canada, 1987.
Published also in French under the title: *Innovations, emplois, adaptation : un rapport de recherche*.

Freeman, Christopher. *The Economics of Industrial Innovation*. Harmondsworth, GB.: Penguin Books, 1974.

Millington, A.D. and Y. Van Ruskenveld. *Technology Diffusion in Canada: Myths and Realities: Discussion Paper*. Ottawa: Ministry of State, Science and Technology, Industry and Trade Branch, 1986.
Published also in French under the title: *La diffusion de la technologie au Canada : les mythes et la réalité*.

Natural Sciences and Engineering Research Council Canada. *Research Talent in the Natural Sciences and Engineering: Supply and Demand Projections to 1990*. Ottawa: 1985.
Published also in French under the title: *Les compétences en recherche dans le domaine des sciences naturelles et du génie : projections relatives à l'offre et à la demande jusqu'en 1990*.

Nostbakken, Janis and Jack Humphrey. *The Canadian Inventions Book: Innovations, Discoveries and Firsts*. Toronto: Greey de Pencier Books, c1976.

Proulx, Pierre-Paul. "Domestiquer la technologie : pourquoi, quelles technologies et comment?" In *Policy Options/Options politiques*. v. 6, no 9, nov. 1985, p. 37-40.

Salomon, Jean Jacques. *Prométhée empêtré : la résistance au changement technique*. Paris: Pergamon, c1981.

Salomon, Jean Jacques. *Science and Politics*. Translated by Noël Lindsay. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press, 1973. Translation of: *Science et politique*.

Science Council of Canada. *Forging the Links*: A *Technology Policy for Canada*. Ottawa: 1979. (Science Council of Canada. Report, 29) Published also in French under the title: *Le maillon consolidé : une politique canadienne de la technologie*.

Sciences sociales et transformations technologiques : les actes d'un colloque. (Montréal: 25 avril, 1986) Sous les auspices conjoints du Conseil de la science et de la technologie et du Regroupement québécois de sciences sociales, publ. sous la dir. de Paul Bernard et Edouard Cloutier. Sainte-Foy, Qué.: Le Conseil, c1987.

Statistics Canada. Science, Technology and Capital Stock Division. *Science and Technology Indicators, 1985/Indicateurs de l'activité scientifique et technologique, 1985*. Ottawa: 1986. (Statistics Canada. Catalogue, 88-201) Annual.

Technological Change in Canadian Industry. D.G. McFetridge, research coordinator. Toronto: University of Toronto Press, 1985. (Royal Commission on the Economic Union and Development Prospects for Canada, 3)
Published also in French under the title: *L'industrie canadienne et le virage technologique*.

Federal Government Sources of Information on Innovation in Canada

Department of Regional Industrial Expansion
235 Queen Street
Ottawa, Ontario
K1A OH5

Economic Council of Canada
333 River Road
Vanier, Ontario
K1P 5V6

Ministry of State for Science and Technology
240 Sparks Street
Ottawa, Ontario
K1A 1A1

National Research Council
Ottawa, Ontario
K1A OR6

Medical Research Council
Ottawa, Ontario
K1A OW9

Natural Sciences and Engineering Research Council
200 Kent Street
Ottawa, Ontario
K1A 1H5

Science Council of Canada
100 Metcalfe Street
Ottawa, Ontario
K1P 5M1

Social Sciences and Humanities Research Council
255 Albert Street
Ottawa, Ontario
K1P 6G4

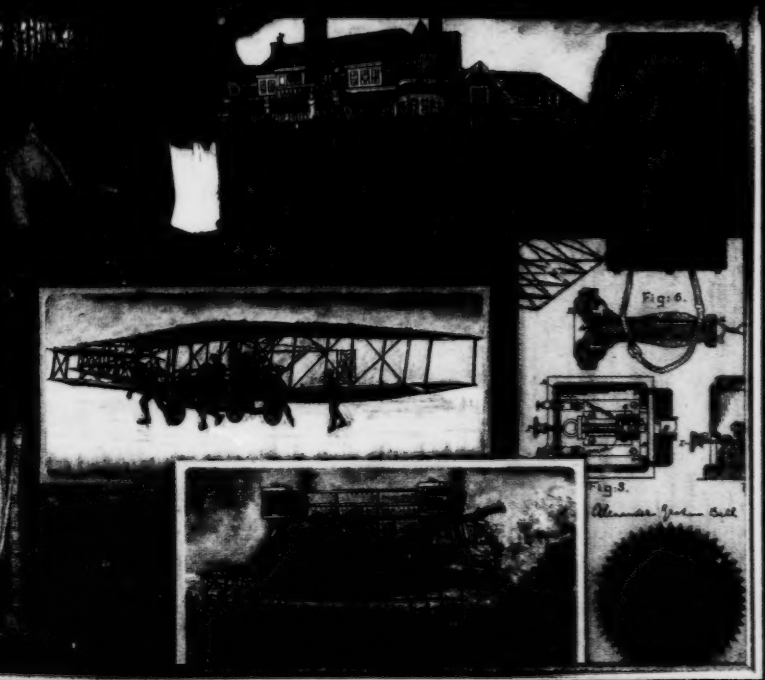
Statistics Canada
R.H. Coats Building
Tunney's Pasture
Ottawa, Ontario
K1A OT6

Supply and Services Canada
Ottawa, Ontario
K1A OS5

DIRECTION DES ÉTUDES CANADIENNES

RÉALITÉS CANADIENNES

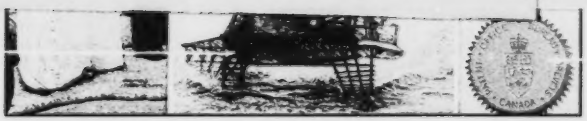
L'INNOVATION AU CANADA



Notes de l'artiste

1. Les inventions et les découvertes d'Alexander Bell pendant sa vie active, incidemment toutes réalisées au Canada, embrassent les divers aspects de l'innovation illustrés dans la plaquette : découverte, mise au point, conception, création, transfert de technologie, etc.
2. Alexander Bell et sa femme Mabel, dont la surdité fut à l'origine d'un grand nombre de découvertes et d'inventions qui pavèrent la voie aux techniques d'aujourd'hui. (À l'arrière-plan, la maison Beinn Bhreagh.)
3. Le *Silver Dart*, une des nombreuses premières canadiennes. Conçu à d'autres fins à l'origine, l'aileron est utilisé aujourd'hui sur tous les aéronefs et figure parmi les composantes de nombreuses inventions et applications contemporaines.
4. Mise au point du premier hydrodrôme, précurseur des engins utilisés de nos jours à travers le monde, à des fins civiles aussi bien qu'à des fins militaires.
5. Reproduction du sceau utilisé pour les brevets canadiens.
6. Brevet canadien n° 7789. Invention du « vrai » téléphone. Même s'il a inventé cet appareil, Alexander Bell n'avait aucun lien avec quelque compagnie de téléphone que ce soit, y compris Bell Canada.
7. Téléphone mural canadien — modèle datant de 1878 environ. À partir de celui-ci, Alexander Bell inventa le standard téléphonique à voyants lumineux et l'audio-phone, jeta les bases de la radio, de l'enregistrement sur bande magnétique et de la télévision, et créa le disque de phonographe tel que nous le connaissons aujourd'hui, ainsi que de nombreux autres objets, dont le photophone (laser).
8. Brevet canadien n° 770626, obtenu par Hector P. MacNeil, à Baddeck. Le tétraèdre est l'une des plus grandes réalisations et inventions d'Alexander Bell, mais qui reste relativement méconnue. Il préfigure les modèles de construction d'aujourd'hui (gratte-ciel, ponts, avions, structure de base de navettes spatiales, etc.).

SOS Ed.S.Br. Can.Stud. 1988(6)c.2
Innovation in Canada.



4. 5.

Dessin de couverture et illustration par Murdo Morrison

Secrétariat d'État du Canada
Department of the Secretary of State of Canada

DIRECTION DES ÉTUDES CANADIENNES

RÉALITÉS CANADIENNES

L'INNOVATION AU CANADA

Yvonne Van Ruskenveld

BIBLIOTHÈQUE
SECRÉTARIAT D'ÉTAT DU CANADA
JUL 2 4 1989
LIBRARY
DEPARTMENT OF THE SECRETARY
OF STATE OF CANADA

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1988
N° de Cat. S2-184/3-1988
ISBN 0-662-56296-8

Les opinions exprimées dans la présente collection sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues ni la politique du gouvernement fédéral.

Données de catalogage avant publication (Canada)

Van Ruskenveld, Yvonne.
L'innovation au Canada.

(Réalités canadiennes / Direction des études canadiennes)
Textes français et anglais disposés tête-bêche.
Titre de la p. de t. additionnelle: Innovation in Canada.
Bibliogr.: p.
ISBN: 0-662-56296-8

I. Innovations — Canada.
I. Canada. Secrétariat d'État du Canada.
II. Direction des études canadiennes.
III. Titre. IV. Titre: Innovation in Canada.
V. Coll.: Réalités canadiennes (Direction des études canadiennes)

HC120.T4V36 1988 338'.06'0971 C89-099401-3F

Avant-propos

Afin de promouvoir l'élargissement des connaissances sur le Canada, le Secrétariat d'État publie, sous le thème « Réalités canadiennes », une collection d'ouvrages sur les divers aspects du pays comme la vie de la société canadienne.

La présente plaquette fait partie de cette collection dont la rédaction a été confiée, par la Direction des études canadiennes, à d'éminents chercheurs sous les auspices de l'Association des études canadiennes.

La diffusion de ces publications, qu'on peut se procurer gratuitement auprès du Secrétariat d'État du Canada, contribuera, nous n'en doutons pas, à mieux faire connaître le Canada, sa population et ses particularités et à nous inspirer une fierté encore plus grande d'être Canadiens.

Note au sujet de l'auteur

Rédactrice indépendante, Yvonne Van Ruskenveld se spécialise dans les questions scientifiques et techniques. Elle possède quatorze ans d'expérience dans le système fédéral canadien des sciences et de la technologie, notamment dans l'élaboration de politiques et de programmes en matière d'économie d'énergie, de même que dans les secteurs de l'industrie manufacturière et des richesses naturelles. Ses articles portent sur des sujets tels que les nouvelles technologies dans l'industrie pétrolière et gazière, et la diffusion des technologies.

Table des matières

Avant-propos	3
Note au sujet de l'auteur	4
Remerciements	6
Introduction	7
I. Quel rapport entre le Pablum et le kérosène?	10
II. Qu'est-ce que l'innovation?	13
III. La chaîne canadienne en matière d'innovation	16
IV. Partenaires en innovation	22
A. L'industrie	22
B. Les universités	25
C. Le gouvernement	28
V. Travail et innovation	33
Conclusion	37
Sigles	39
Bibliographie	40
Sources d'information du gouvernement fédéral sur l'innovation au Canada	43

Remerciements

J'aimerais remercier John de la Mothe qui a bien voulu me faire partager ses connaissances sur la théorie de l'innovation et, plus particulièrement, pour m'avoir prêté les excellents ouvrages que renferme sa riche bibliothèque. Je tiens aussi à remercier Roger Voyer pour ses précieux commentaires sur le manuscrit. Enfin, je voudrais exprimer ma gratitude à John Azar pour ses observations rédactionnelles et ses impressions en tant que membre (important) du « grand public », désireux de s'informer sur l'innovation au Canada.

Yvonne Van Ruskenveld

Introduction

À la vue des images de la navette spatiale en orbite, les Canadiens ont ressenti une immense fierté : chaque fois que la caméra montrait la soute grande ouverte, apparaissait le mot Canada inscrit en lettres immenses sur le bras télécommandé, le « bras canadien ». Voilà l'une des réalisations technologiques les plus avancées au monde et elle a été développée au Canada.

L'innovation technologique a pris de plus en plus d'importance pour maintenir ou atteindre une certaine compétitivité au niveau international. En soi, la technologie n'est que du savoir-faire, c'est-à-dire savoir fabriquer et utiliser les outils appropriés pour un travail donné. Le fait de posséder la technologie la plus avancée et la plus nouvelle donne à une compagnie ou à un pays un avantage certain sur la concurrence, plus d'efficacité et la possibilité de fabriquer de nouveaux produits et de lancer des articles courants à meilleur prix. L'innovation technologique est synonyme de meilleure productivité et de croissance économique.

Une innovation est un nouveau produit ou un procédé commercialement disponible. Une idée peut se matérialiser en invention, mais elle ne peut être qualifiée d'innovation tant qu'elle n'a pas été commercialisée. Entre l'idée et la mise en marché, la route est longue et parsemée d'embûches. Pour qu'une idée nouvelle permette de réaliser un profit, il suffit parfois d'à peine cinq ans, mais cela peut tout aussi bien en prendre cent.

Il y a plusieurs façons de concevoir le processus d'innovation, mais la plus large et la plus utile pour bien comprendre l'importance de l'innovation au Canada comporte toutes les étapes de l'invention, du développement, de la commercialisation et de la diffusion. Les étapes de l'invention et du développement s'appuient sur la recherche, celles de la commercialisation et de la diffusion se fondent sur le marketing. Le transfert de technologie d'un laboratoire indépendant à une entreprise peut être crucial, soit entre les étapes de l'invention et du développement, soit entre celles du développement et de la commercialisation. Ce transfert de technologie peut en fait s'effectuer à l'échelle internationale; une compagnie peut acquérir une technologie étrangère pour l'adapter à des applications nationales ou la pousser plus avant sur les marchés mondiaux.

Les technologies qui ont actuellement le plus d'impact sur l'économie mondiale sont celles de la microélectronique et de l'information. Applicables à toutes les branches traditionnelles de l'industrie, ces

technologies sont utilisées dans une vaste gamme d'innovations intéressant tous les secteurs de l'économie; elles touchent la société toute entière, l'enseignement, les banques, voire même les agences de rencontres. Les autres technologies avancées — les nouveaux équipements industriels et la biotechnologie — se fraient aussi un chemin dans l'industrie, mais leur véritable impact peut ne se faire sentir que plus tard dans l'avenir. Les technologies de pointe sont le fondement des industries à croissance rapide, fortement axées sur la recherche, tout en étant essentielles à l'innovation et, par conséquent, à la croissance de tous les secteurs de l'économie.

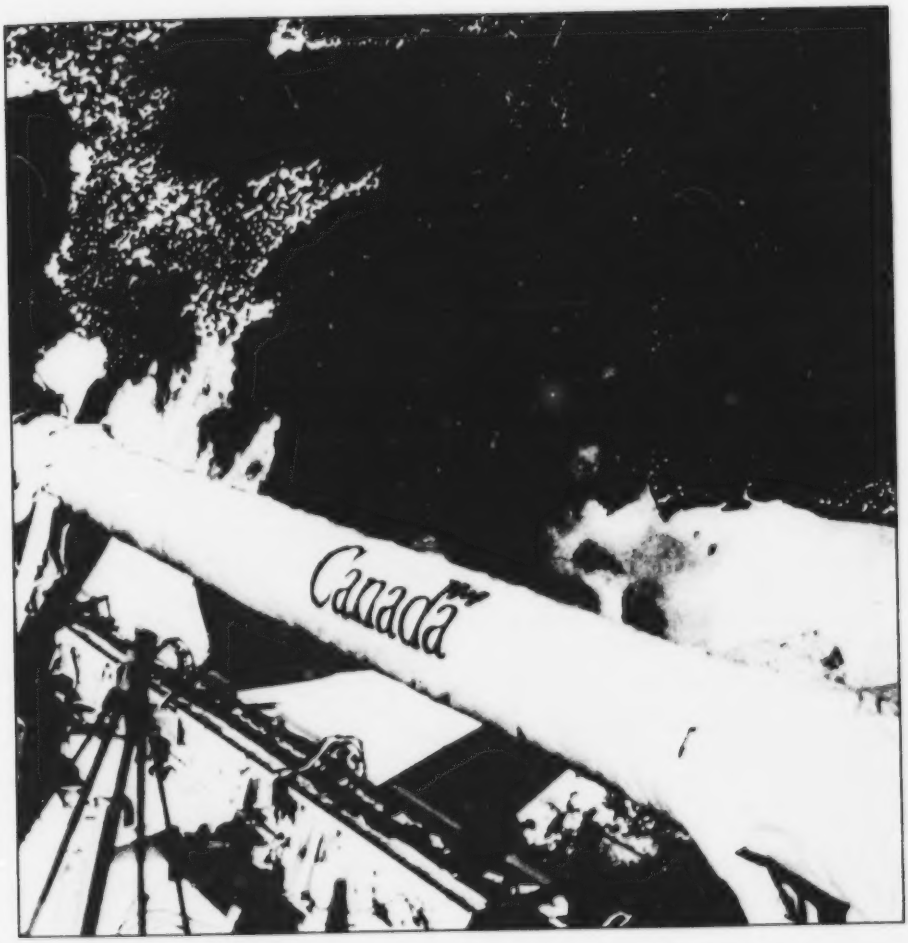
Sur les lieux de travail, les nouvelles technologies se sont traduites par de nouvelles façons d'organiser le travail, créant dans les pays industrialisés une certaine anxiété quant à leurs effets sur l'emploi.

Le Canada a remporté quelques succès spectaculaires en matière d'innovation : en plus du bras canadien, rappelons d'autres réalisations d'envergure comme le réacteur nucléaire CANDU et l'exploitation des sables bitumineux de l'Alberta et des réalisations plus modestes comme la fermeture éclair et le voilier de type Laser. Nous avons une compétence mondialement reconnue dans des domaines tels que les télécommunications, la recherche médicale, les lasers, les technologies énergétiques et la télédétection des caractéristiques de la surface terrestre à partir d'avions et de satellites.

À 3,9 pour 100, le taux de croissance de l'économie canadienne a dépassé, en 1986, celui de tous les autres grands pays industrialisés. Les Canadiens jouissent donc d'un des niveaux de vie les plus élevés au monde. Pourtant, notre déficit commercial en biens de haute technologie s'élève à 5,8 millions de dollars et ne cesse de s'accroître. Notre structure industrielle en recherche et développement (R et D) est assez faible. Nous avons trop peu de grandes entreprises qui s'intéressent à la R et D, et la participation du secteur privé à l'effort national de R et D est inférieure à celle des autres pays industrialisés. Dans l'ensemble, les sommes que le Canada consacre à la R et D sont inférieures à celles des principaux membres de l'Organisation pour la coopération et le développement économiques (OCDE).

Nous continuons à compter sur nos richesses naturelles pour une part considérable de nos revenus d'exportation, mais la fluctuation des cours commerciaux, une surabondance chronique de l'offre, le remplacement des matériaux conventionnels tels que le bois et le métal par de nouveaux matériaux synthétiques et une réorientation du comportement de la demande mondiale sont en train de compromettre la solidité de ce secteur.

Le Canada a l'occasion de ranimer son économie par le truchement de l'innovation technologique. Notre population est bien scolarisée, qualifiée et douée, et nous possédons d'excellentes universités ainsi qu'un réseau étendu de laboratoires gouvernementaux. Son dernier lauréat du Prix Nobel, le Dr John Polanyi, vient de l'Université de Toronto. C'est au Conseil national de recherches (CNR) qu'il a réalisé la majeure partie de ses travaux antérieurs. Nous possédons des enclaves industrielles très innovatrices et notre secteur de haute technologie, quoique modeste, est en pleine expansion. Qui plus est, nous avons l'accès immédiat à l'un des plus vastes marchés au monde. En fait, les Canadiens ont derrière eux tout un passé d'ingéniosité, passé généralement méconnu et peu apprécié. La contribution du Canada à la science et à la technologie mondiales sont hors de toutes proportions compte tenu de sa faible population; son problème est de savoir exploiter ses inventions au mieux de ses intérêts.



Le bras spatial canadien : la technologie de pointe canadienne à l'oeuvre dans l'espace.

Centre de Photo-ASC

I Quel rapport entre le Pablum et le kérosène?

Si les Canadiens sont si fiers à la vue du nom de leur pays inscrit sur le bras de la navette spaciale, c'est qu'ils ignorent, bien souvent, à quel point ils sont ingénieux. Les Canadiens sont en fait très inventifs. Le Pablum et le kérosène ont été inventés au Canada, de même qu'une foule d'autres choses, notamment : le microscope électronique et le bowling à cinq quilles. Les Canadiens ont une longue tradition en matière d'inventions et d'innovations : peut-être est-ce à cause de ces longues soirées d'hiver qui nous donnent le temps de penser et de rêver.

Ce pays a été édifié sur la richesse de ses ressources naturelles. Il n'est donc pas étonnant qu'il ait à son crédit une si longue liste d'innovations, dans des domaines tels que l'agriculture, l'extraction minière, l'énergie, la foresterie et les pêches, . . . de l'orge améliorée au tout premier processus de congélation du poisson.

L'une des principales innovations qui ont contribué de façon spectaculaire à la prospérité de l'Ouest canadien a été celle de la mise au point du blé Marquis par Charles Saunders. Plus résistant aux maladies, il donne des rendements supérieurs au blé de printemps Red Fife, pourtant très répandu. Le blé Marquis a conquis l'Ouest après y avoir été introduit en 1908 parce qu'il pouvait atteindre sa maturité en cent jours à peine.

Les chercheurs de l'Institut de biologie végétale du CNR, à Saskatoon, poursuivent leurs travaux sur l'amélioration des cultures. Leurs découvertes relatives à l'accroissement du rendement et à l'amélioration de la qualité ont été mises en application partout dans le monde. Leurs recherches sur la réduction des dommages causés aux récoltes par les froids extrêmes ont revêtu une importance particulière pour les agriculteurs canadiens.

Une autre innovation qui a transformée l'agriculture, tant au Canada qu'ailleurs dans le monde, a été la mise au point en 1937 de la moissonneuse-batteuse automotrice par Thomas Carroll dans les ateliers Massey-Harris à Toronto. Combinant en une seule opération toutes les étapes de la récolte du blé : nettoyage, battage, mise en gerbe et liage, cette merveille dépassait toutes les attentes.

Dans le secteur des mines, les exemples d'innovations sont moins évidents qu'ailleurs, car l'intérieur d'une mine ou d'une fonderie nous est naturellement moins familier que ne peuvent l'être les travaux de la ferme. Les Canadiens ont contribué à l'élaboration et à l'amélioration des méthodes de prospection, d'extraction et de traitement du minerai. À l'heure

La moto-neige constitue un élément usuel et, dans certaines régions, essentiel de la vie hivernale au Canada.

Centre de Photo-ASC — Photo : Dunkin Bancroft

actuelle, plusieurs compagnies utilisent les technologies de pointe pour découvrir de nouvelles façons d'effectuer les anciennes tâches. Une société de la Colombie-Britannique est en train de construire la première usine de biolixiviation en Amérique du Nord. Elle utilisera un procédé biologique de traitement des minerais concentrés pour la récupération des métaux. Des entreprises de Sudbury, en Ontario, sont à la recherche de techniques d'extraction continue, destinées à modifier radicalement le mode de fonctionnement des mines. Ces techniques intéressent les technologies de la micro-électronique, notamment la robotique et l'intelligence artificielle.

Avec ces vastes espaces, son climat rigoureux et sa géographie diversifiée, le Canada offre un environnement idéal pour stimuler l'innovation dans le secteur des transports. En 1937, Armand Bombardier obtenait son premier brevet d'invention pour une chenille à coussinets de caoutchouc qui devint la première motoneige commerciale en 1939. Les premières motoneiges étaient des véhicules à plusieurs places. Le « Skidoo » ou motoneige à deux places, qui n'apparut qu'au milieu des années cinquante, est devenu un élément familier et, dans certaines de nos régions, une partie intégrante des activités hivernales.

L'aviation a joué un rôle particulièrement important dans l'essor du Canada. L'hélice à pas variable, mise au point en 1922 par W.R. Turnbull, a donné naissance à l'industrie du transport aérien en permettant aux avions de transporter des charges suffisamment rentables, ce qui était impensable avec la technologie de l'époque. Le brevet fut vendu à Curtis Wright aux États-Unis. Le premier avion à réaction d'une ligne commerciale en Amérique du Nord et le deuxième au monde, l'Avro Jetliner, fut construit à Toronto et prit son envol à Malton en 1949. Un an plus tard, il devenait le premier avion à réaction à voler aux États-Unis. La construction de cet appareil fut abandonnée pour des raisons administratives et techniques. Le Canada a cependant connu une longue série de succès dans la technologie des petits appareils. C'est le cas manifeste de

la technologie des avions à décollage et atterrissage courts (ADAC) qui a fait ses preuves avec le Dash-7 et le Dash-8, conçus, élaborés et vendus par De Havilland du Canada.

Les vastes étendues du Canada ont aussi favorisé l'essor de la technologie des communications. L'année 1927 vit l'invention du tout premier téléscripteur émetteur-récepteur qui permettait d'augmenter la quantité des nouvelles transmises aux journaux et d'étendre les services de dépêches. Le système de téléphotographie qui permet d'agrémenter les articles de journaux de photographies a été inventé par un Canadien, Sir William Stephenson (mieux connu sous son nom de code « Intrépid »). La première photographie d'actualités transmise par radio parut dans un journal britannique en 1924.

Puis ce fut la radio alimentée au courant principal inventée par Ted Rogers pour éliminer les inconvénients des postes à galeries et des batteries rechargeables à l'acide. En 1927, Rogers réussit à faire fonctionner une radio en utilisant une lampe à courant alternatif qui pouvait être branchée dans une prise de courant ordinaire de 110 volts. Il fut l'un des rares inventeurs à s'enrichir de ses propres inventions.

Nous savons tous que le téléphone a été inventé au Canada, mais nous ignorons sans doute que c'est à Montréal en 1878 que se fit l'installation des premiers combinés téléphoniques au monde. L'expérience canadienne dans le domaine des communications n'a cessé de s'accroître et vaut au Canada une renommée mondiale dans le secteur des télécommunications. Northern Telecom du Canada Ltée a fabriqué le premier standard téléphonique numérique au monde et demeure actuellement le plus grand fabricant de systèmes de communications entièrement numériques.

Grâce à leurs découvertes, les Canadiens ont fait d'énormes contributions à la médecine. Il suffit de se rappeler la découverte de l'insuline par une équipe de chercheurs de l'université de Toronto et la mise sur pied du premier service mobile de transfusion sanguine par le Dr Norman Bethune. On ignore généralement que le traitement du cancer par la bombe au cobalt et que le premier test pratique de dépistage du cancer, celui des néoantigènes spécifiques (*carcino embryonic antigen* ou CEA), ont été inventés au Canada.

Ce ne sont là que quelques-unes des inventions et des innovations qui font partie intégrante de l'histoire du Canada. Pourtant, rares sont les Canadiens qui pourraient en nommer plusieurs ou même s'imaginer qu'elles puissent être canadiennes. Le problème tient en partie au fait que de nombreuses inventions canadiennes ont été commercialisées ailleurs, surtout aux États-Unis. L'une des plus grandes pertes que le Canada ait subies à ce chapitre fut celle du contrôle automatisé des machines par opération programmée, conçu par Eric W. Leaver. En 1947, on venait de tous les coins du monde pour voir fonctionner en atelier les machines-outils automatisées construites par Leaver et G.R. Mounce. Mais ces derniers furent incapables d'obtenir au Canada le moindre soutien financier pour la mise en valeur de leur produit. C'est finalement une compagnie américaine qui apporta les fonds nécessaires et le contrôle automatique des machines-outils devint une entreprise qui rapporta des milliards de dollars.

Dans le passé, les Canadiens n'ont pas toujours réussi à trouver le soutien financier nécessaire pour passer du stade de l'invention à celui de l'innovation. Nos richesses naturelles ont été en grande demande partout dans le monde, il était donc souvent plus facile et plus rentable à court terme d'investir dans les exploitations. Aujourd'hui, avec l'innovation technologique qui détermine la compétitivité à l'échelle internationale et ce, dans tous les secteurs y compris celui des richesses naturelles, les Canadiens sont de plus en plus conscients de l'importance qu'il y a d'exploiter leurs innovations sur les marchés mondiaux.

II Qu'est-ce que l'innovation?

L'innovation est une activité économique qui influence l'économie d'un pays tout en étant elle-même influencée par elle. Elle améliore la productivité et contribue à la croissance économique. Environ 44 pour 100 des gains de productivité réalisés aux États-Unis ont été attribués directement à l'innovation technologique.

L'innovation en tant qu'activité résulte d'un nouveau produit ou procédé qui prend sa place sur le marché. C'est ce lien avec le commerce qui fait d'une invention une innovation. Il y a donc une différence fondamentale entre une invention et une innovation. L'idée d'un nouveau produit ou d'un nouveau procédé n'est pas nécessairement commercialisable. Une invention peut mener à une innovation, mais ce n'est pas toujours le cas, qu'elle soit brevetée ou pas. Même les inventions qui s'avèrent une réussite technique peuvent ne pas être commercialisables.

Il y a généralement deux grands types d'innovations : les nouveaux produits et les nouveaux procédés. Le lancement de nouveaux produits accompagne souvent une période de croissance économique alors qu'il y a une forte demande de nouvelles technologies. Pour que l'idée d'un nouveau produit devienne commercialisable et donc une innovation, il faut aplanir toutes les incertitudes tant d'ordre technique que commercial. Les nouveaux procédés sont souvent associés au désir de réduire les coûts de production de la firme innovatrice et tendent ainsi à naître au cours des périodes de déclin économique. L'innovation en matière de procédés restant habituellement à l'intérieur de la firme innovatrice, son passage du stade de la conception à celui de l'innovation n'a plus qu'à surmonter des problèmes d'ordre strictement technique.

Alors que l'on hésite parfois sur le genre d'innovation, de produit ou de procédé, convenant « le mieux » à une certaine entreprise, la distinction entre les deux n'est pas aussi nettement définie que le souhaiteraient les détracteurs de l'innovation des procédés. En effet, il faut parfois trouver des procédés inédits pour la fabrication d'un nouveau produit. De même, certains procédés sont commercialisables en tant que tels : par exemple, certains procédés d'enrichissement de l'huile lourde sont conçus et brevetés par des compagnies pétrolières, des fournisseurs, des firmes spécialisées et des gouvernements.

Qu'il s'agisse d'un produit ou d'un procédé, une innovation doit, pour avoir du succès, comporter deux aspects. Ce doit être d'une part une bonne idée, fondée sur de solides connaissances techniques, et

elle doit d'autre part viser à satisfaire un besoin clairement identifié et un marché potentiel. Une innovation ne comportant que le premier aspect serait « poussée » par la technologie; avec le second aspect seulement, elle se verrait « aspirée » par le marché. Bien que dans toute innovation, l'un ou l'autre de ces aspects puisse avoir un caractère prédominant par rapport à l'autre, la présence de ces deux aspects est essentielle à toute réussite.

Dans tout processus d'innovation, c'est la recherche qui fournit le fondement du développement et de l'évaluation des nouveaux produits et procédés. La recherche fondamentale, habituellement effectuée dans des institutions publiques telles que les laboratoires gouvernementaux et universitaires, porte sur la nature et la technologie sous-jacentes des principes scientifiques fondamentaux. La recherche appliquée est effectuée par l'industrie, bien qu'elle puisse être aussi dans les institutions publiques avec la participation de l'industrie. La recherche appliquée est essentielle pour amener l'invention jusqu'au stade où pourront être décelées ses possibilités d'application commerciale.

Comme le note Christopher Freeman dans *The Economics of Industrial Innovation*, ce siècle a connu une croissance phénoménale du système de R et D, accompagnée d'un plus grand « professionnalisme ». De grands organismes de R et D ont été créés tant dans le secteur public que privé. Cela est en partie attribuable au caractère de plus en plus scientifique et à la complexité croissante de la technologie. Pour certains types de projets, le mélange requis de compétences et d'expérience ne peut se trouver qu'au sein d'un groupe élargi. Un même type de projet peut aussi nécessiter des investissements importants de capitaux à long terme dont seules les grandes corporations disposent. De nombreuses inventions importantes, telles que les semi-conducteurs, le nylon et la télévision sont le résultat des efforts de R et D réalisés sur de longues périodes.

Les inventeurs individuels et les petites entreprises auront cependant toujours leu rôle à jouer en ce qui a trait à l'innovation technologique dans les domaines qui nécessitent moins d'équipements et de capitaux. Cela semble être particulièrement vrai pour la micro-électronique.

La clé de l'innovation est la commercialisation, puisqu'une invention ne devient innovation que lorsqu'elle peut être achetée ou vendue. L'étude du processus d'innovation a démontré que les innovateurs qui prennent la peine de déterminer les besoins futurs de leurs clients réussissent mieux que ceux qui s'en abstiennent. Il faut donc s'assurer de l'existence de liens appropriés entre la R et D et le marketing.

Une autre étape du processus global d'innovation est le transfert de technologie. Les entreprises développent des innovations à partir de technologies acquises ailleurs, comme dans d'autres entreprises privés ou laboratoires gouvernementaux, soit au pays soit à l'étranger. Les compagnies qui ont leurs propres services de recherches peuvent avoir besoin, elles aussi, d'un autre laboratoire pour certains éléments de recherche fondamentale relatifs à l'invention.

La technologie peut aussi s'acquérir d'une façon plus définitive par l'achat d'un permis de fabrication ou l'utilisation d'un produit ou d'un procédé existant. La forme la plus courante de transfert de technologie se fait chaque fois qu'on achète une pièce d'équipement, puisqu'on acquiert en même temps la technologie qu'elle renferme. Essentiellement, l'utilisateur de cet équipement a alors accès à cette nouvelle technologie (du moins pour l'entreprise concernée). Cette dernière forme de transfert technologique ne confère pas les mêmes avantages que l'achat de licences, qui lui aussi repose sur la technologie existante. Bien que l'acheteur puisse y gagner une certaine expérience en utilisant la technologie que renferme l'article en question, il n'en tirera de réels avantages sur la concurrence que s'il parvient à l'adapter, à l'améliorer ou à s'en servir de façon plus originale, plus productive ou plus commer-

cialisable que ses concurrents.

D'autres formes de transfert de technologie comprennent les mouvements de personnel entre les entreprises, les alliances stratégiques entre petites et grandes entreprises, les coentreprises, les mainmises et les transferts de la société mère aux filiales dans les corporations multinationales.

La dernière étape du processus étendu de l'innovation est la diffusion de la nouvelle technologie au-delà du premier utilisateur. Il ne faut pas sous-estimer l'importance des effets de cette phase sur le degré de compétitivité internationale d'un pays donné. Le taux de diffusion de la technologie reflète la capacité de certaines industries d'adopter de nouvelles technologies ainsi que leurs possibilités d'investissement en capital. On peut donc y voir un bon indice de l'état de santé d'une industrie. De même, le taux de diffusion de la technologie peut être relié aux disparités régionales au sein d'un pays comme le Canada, où les entreprises de certaines régions, auront plus facilement accès aux nouvelles technologies que d'autres et seront mieux équipées pour les utiliser.

La diffusion de la technologie varie d'une industrie à l'autre et à l'intérieur de chacune d'entre elles, dépendant de la taille et de l'emplacement des entreprises. Bien que le premier utilisateur puisse avoir à supporter les coûts de mise au point et les autres problèmes de croissance, ce sont, en général, les premiers à adopter une nouvelle technologie qui tirent les plus grands avantages en exploitant l'avance qu'ils ont sur ceux qui l'adoptent plus tard.

L'innovation est une entreprise risquée. Personne ne peut prédire exactement quelle sera la réaction des concurrents ou des consommateurs devant une innovation. Le rendement d'une innovation n'est jamais garanti, mais à long terme, le succès de certaines innovations vient compenser les pertes subies par d'autres. En revanche, l'absence d'innovation se solde immanquablement par la baisse des profits et la détérioration de la compétitivité.

III La chaîne canadienne en matière d'innovation

En tant que pays industrialisé, le Canada doit compter sur l'innovation technologique pour assurer sa position sur les marchés mondiaux. Avec sa faible densité de population, le Canada ne peut espérer produire suffisamment de nouvelles technologies pour être en mesure de conserver une politique d'achat exclusivement canadienne. Notre réussite économique repose plutôt sur l'agencement à notre avantage de la meilleure combinaison possible de technologies élaborées tant au pays qu'à l'étranger.

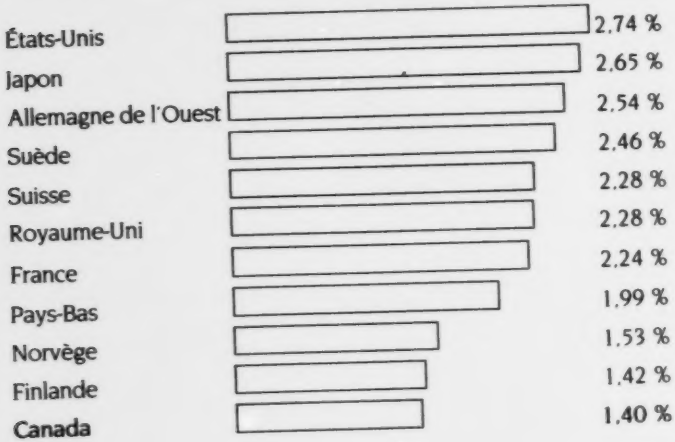
La technologie utilisable et exploitable provient de sources variées. Au Canada, ce sont les universités, les laboratoires gouvernementaux, les instituts de recherche privés, les entreprises privées et, à un degré moindre, les inventeurs individuels. Les entreprises canadiennes peuvent avoir accès aux technologies étrangères grâce à leurs liens avec les sociétés mères, s'il s'agit de filiales de multinationales, par l'achat de licences et par différentes formes de coentreprises. Mais les Canadiens profitent-ils de ces possibilités?

Le processus d'innovation peut être considéré comme une série d'étapes reliées entre elles comme les maillons d'une chaîne. Cette chaîne relie l'invention au marché. La R et D en forme le premier maillon. La relation entre la R et D et l'adoption de nouvelles technologies a fait l'objet de nombreuses études. Il est aujourd'hui communément admis que les industries et les pays qui ont une forte base de R et D possèdent également une plus grande capacité, non seulement de création, mais aussi d'utilisation des nouvelles technologies.

En 1985, les dépenses de R et D au Canada se sont élevées à environ 6,53 milliards de dollars, soit à peu près 1,37 pour 100 du produit intérieur brut (PIB). En 1986, ce pourcentage s'abaisse à 1,35 pour 100 et est évalué, pour 1987, à 1,3 pour 100. Cette tendance à la baisse est inquiétante, mais la comparaison entre le montant des dépenses de R et D du Canada par rapport à celui des autres pays industrialisés est significative. Le graphique 1 montre la position du Canada par rapport à ses principaux concurrents en 1984, selon les renseignements fournis par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).

On admet volontiers que le niveau de nos dépenses soit inférieur à celui des chefs de file en matière de technologie tels que les États-Unis et le Japon, mais on comprend plus difficilement que nos dépenses à ce chapitre soient même inférieures à celles des Pays-Bas, de la Norvège ou de la Finlande, dont la population est beau-

GRAPHIQUE 1. Dépenses au titre de la recherche et du développement exprimées en pourcentage du PIB (OCDE, 1984).



coup plus faible que celle du Canada.

On riposte que le Canada ne peut vraiment pas se comparer ainsi à d'autres pays industrialisés en raison de sa structure industrielle, très différente de celle des autres pays. Toutefois, même en procédant à des ajustements pour tenir compte de cette différence, les dépenses du Canada sont encore inférieures à celles des autres pays de l'OCDE.

La comparaison qui s'établit souvent entre le Canada et la Suède est particulièrement embarrassante à cet égard. L'intérêt marqué des Suédois pour la R et D, tel qu'illustré par le graphique 1, explique peut-être pourquoi ils ont remporté — contrairement au Canada — tant de succès dans la mise en valeur d'industries technologiques reliées à leurs ressources naturelles. On coupe le bois canadien avec des scies à chaîne suédoises parce que le Canada ne fabrique pas de scies à chaîne, même s'il possède un des plus importants secteurs forestiers au monde. Comme le signale Norman Clark dans *The Political Economy of Science and Technology* : « l'investissement dans le domaine des sciences n'a pas tellement pour effet de *pousser* l'innovation, mais il représente plutôt une condition essentielle à la survie industrielle. »

Le Canada connaît également un grave problème de balance commerciale en ce qui touche les produits de haute technologie : notre déficit commercial dans ce secteur augmente de 5 pour 100 par an — deux fois le taux de croissance du PIB. En 1985, le Canada a eu un déficit commercial de 5,84 milliards de dollars dans le cadre des produits de haute technologie, le pire parmi les pays du Sommet des sept, les principales catégories étant les téléviseurs et les ordinateurs. Chaque million de dollars consacré à l'importation d'ordinateurs coûte dix emplois au Canada. La création de marchés majeurs pour la production d'une technologie canadienne aiderait à diminuer le nombre des importations.

Les brevets servent souvent de point de repère pour comparer l'esprit d'innovation de différents pays. Ces brevets offrent en effet une quantité considérable de renseignements relatifs aux inventions sur une longue période de temps. Perçus comme un indice de créativité, les brevets reflètent

la capacité d'invention d'un pays ainsi que l'intérêt que portent les inventeurs étrangers à l'exploitation de ses marchés. Le gouvernement canadien émet des brevets qui sont valables pendant une période de 17 ans. Chaque brevet accorde à son détenteur le droit exclusif, pendant toute cette période, de fabriquer, d'utiliser et de vendre l'invention brevetée à l'intérieur du Canada. Pour être brevetable, une invention doit être un produit, une composition, un appareil ou un procédé nouveau, utile et inédit.

Bien que les inventions brevetées ne soient pas encore des innovations puisqu'à ce stade elles ne sont pas encore commercialisables, elles sont pourtant considérées comme étant des innovations potentielles aux fins de l'évaluation de la situation du développement technologique de l'industrie d'un pays. L'interprétation des brevets en tant qu'indices doit être faite avec circonspection, car toutes les inventions ne sont pas forcément brevetables et toutes les inventions ne sont pas toutes brevetées. Que ce soit pour des raisons de discrétion, de coûts ou par suite de la rapidité des changements technologiques, certaines inventions ne seront jamais brevetées. Ainsi, certains secteurs sont plus enclins que d'autres à demander des brevets : par exemple, les industries de produits chimiques et de plastiques le feront plus volontiers que celles de la défense. D'autres inconvénients à l'utilisation des brevets comme indicateurs, viennent de ce que tous les brevets ne sont pas exploités et que la loi sur les brevets diffère d'un pays à l'autre.

Le nombre de brevets émis dans le monde a connu son point culminant en 1972, pour s'abaisser légèrement au milieu des années soixante-dix et se stabiliser ensuite. De tous les pays industrialisés, seul le Japon continue à augmenter chaque année le nombre de ses brevets. Aux États-Unis, en France et au Royaume-Uni, le nombre de brevets accordés actuellement est inférieur à ce qu'il était dans les années trente. Quant au Canada, il a été en mesure de maintenir un niveau d'émission de brevets bien supérieur à celui des années trente.

En tant que producteur de nouvelles technologies, le Canada a cependant relativement peu d'importance. Nous ne créons que 0,3 pour 100 des inventions brevetées dans le monde, comparativement à 9,9 pour 100 pour le Japon, 8 pour 100 pour les États-Unis, 1,9 pour 100 pour l'Allemagne et 1,8 pour 100 pour la France. En 1983, ce sont des étrangers, surtout des Américains, qui ont présenté 92 pour 100 des demandes de brevet au Canada. Cette proportion de brevets détenus par des étrangers est anormalement élevée, mais ne signifie pas que les Canadiens manquent d'imagination; c'est plutôt un indice de l'attraction qu'exerce le marché canadien sur les entreprises étrangères et aussi la capacité du Canada à utiliser les nouvelles technologies.

La capacité des Canadiens à exploiter leurs propres inventions à l'étranger, telle qu'elle se mesure par le nombre de brevets qui leur sont accordés dans d'autres pays, n'est pas aussi éloquente. Les Canadiens ne détiennent à l'étranger qu'une fois et demie plus de brevets qu'au pays. Les Hollandais détiennent 9,9 fois plus de brevets à l'étranger qu'aux Pays-Bas, les Britanniques 2,2 fois plus et les Allemands 4,2 fois plus. Les Canadiens présentent plus de demandes de brevets aux États-Unis qu'ils ne le font au Canada, ce qui illustre bien leur dépendance à l'endroit du marché américain.

Comme dans le cas de la R et D, c'est un petit nombre de compagnies qui revendiquent le gros des brevets émis au Canada : en 1983, 17 pour 100 des firmes ayant fait des demandes ont obtenu 50 pour 100 des brevets accordés à des corporations. Les universités et les gouvernements détiennent moins de brevets parce qu'ils se concentrent surtout sur la recherche fondamentale, moins susceptible de donner naissance à des inventions brevetables.

Que nous enseignent les statistiques sur les brevets au sujet de la créativité des

Canadiens? Bien que nous ne produisions qu'un très faible pourcentage de la nouvelle technologie mondiale, nous sommes considérés par les autres pays comme un marché rentable pour l'exploitation de leurs nouveaux produits et procédés. En revanche, nous ne parvenons pas à exploiter à l'étranger la nouvelle technologie que nous produisons ici. Pour une étude plus approfondie des brevets et de leur signification, il suffit de consulter le document *Indicateurs de l'activité scientifique et technologique*, publié par Statistique Canada (88-201).

Le maillon suivant de la chaîne d'innovation est constitué pas le transfert de technologies. Celui-ci est essentiel à la compétitivité de l'industrie canadienne. Au Canada, en effet, trop peu de compagnies s'occupent sérieusement de R et D et celles qui le font doivent puiser leurs ressources dans d'autres technologies, nouvelles ou existantes.

Dans le secteur privé, les mécanismes de transfert de technologies comprennent les bureaux d'experts-conseil, les agences de brevetage, les agences de courtage telles que les Biomedical Investment Opportunities Services (BIOS) Inc., ainsi que les instituts de recherche et les associations industrielles telles que l'Institut canadien de recherche gazières (ICRG) et l'Institut canadien de recherche sur les pâtes et papier (PAPRICAN). Les transferts de technologies entre les corporations empruntent eux aussi des voies telles que l'achat de licences pour des produits ou des procédés, l'achat d'équipements renfermant la technologie désirée, les alliances stratégiques, les coentreprises et les mainmises pures et simples. Dans les compagnies multinationales, dont le Canada est bien pourvu, la R et D est couramment menée à bien par la société mère qui la transfère à ses filiales. On examinera plus à fond les activités de l'industrie dans la section suivante : « Partenaires en innovation ».

Par suite de l'importance qu'ont les transferts de technologies, les gouvernements fédéral et provinciaux offrent toute une gamme de programmes et de services pour aider l'industrie en ce sens. L'exécution à forfait de projets gouvernementaux par le secteur privé est une des façons directes de promouvoir le développement et le tranfert de technologies. De nombreux ministères et organismes gouvernementaux ont des bureaux de transfert de technologies chargés d'aider les industries à avoir accès aux résultats de la recherche gouvernementale et à les commercialiser. Il existe un réseau étendu de centres technologiques dispersés un peu partout au pays, soutenus par les gouvernements et conçus spécifiquement pour le transfert et la diffusion de technologies. Certains de ces centres ont été établis dans des universités dont plusieurs possèdent leurs propres services de transfert de technologies.

La dernière étape de l'innovation est celle de la diffusion de la nouvelle technologie. Les différents facteurs qui influencent le taux de diffusion de la technologie comprennent le financement, la taille d'une entreprise, l'étendue et la stabilité des marchés visés, le degré de concurrence, l'effort de R et D, les relations entre les multinationales et leurs filiales, et enfin, les stimulants fiscaux et autres mesures d'incitation gouvernementales.

Des études effectuées à la fin des années 70 et au début des années 80 semblaient indiquer que le Canada manifestait moins d'empressement qu'une bonne partie des autres pays industrialisés à obtenir et à utiliser les nouvelles technologies. Un document d'étude du ministère d'État chargé des Sciences et de la Technologie, intitulé *La diffusion de la technologie au Canada : Les mythes et les réalités*, publié en 1986, analysait la documentation la plus récente et en concluait qu'on ne pouvait faire de généralités au sujet de la situation de la diffusion dans l'ensemble de l'industrie canadienne. La situation variait beaucoup d'un secteur à l'autre, et même à l'intérieur de chacun d'entre eux, dépendant dans un pays géographiquement des entreprises. Cela n'a rien d'étonnant dans un pays aussi vaste et aussi diversifié que le Canada.

Un des facteurs qui peut ralentir l'adoption

d'une nouvelle technologie dans un secteur donné est la taille des compagnies. Le Canada compte une proportion relativement élevée de petites et de moyennes entreprises qui n'ont pas toujours les connaissances, la capacité d'investir, ni le personnel nécessaire pour choisir la technologie appropriée ou pour leur permettre de l'adapter à leurs propres besoins. Plusieurs petits fabricants, par exemple, n'ont dans leur personnel aucun ingénieur pour les conseiller sur les technologies manufacturières de pointe. De toutes façons, le propriétaire ou directeur d'une telle entreprise est souvent bien trop préoccupé par les affaires courantes pour avoir l'occasion de chercher et d'identifier la technologie la plus avancée et la mieux adaptée à ses besoins. Le réseau des centres de technologie répartis à travers le pays a été mis sur pied afin justement de venir en aide à ces entreprises.

Bien que les petites entreprises canadiennes méritent une attention particulière, les entreprises manufacturières de moins de 100 employés représentent moins de 25 pour 100 de la production manufacturière. Donc, les grandes firmes, particulièrement celles des secteurs mieux établis, tels que ceux des industries traditionnelles et des ressources naturelles, doivent prendre conscience de l'importance de l'innovation pour assurer leur compétitivité sur les marchés internationaux : elles ne peuvent se laisser vivre. Un des obstacles à l'adoption de nouvelles technologies, tel que souligné par certaines compagnies canadiennes, provient du manque de personnel technique suffisamment qualifié. Ce manque de personnel compétent et bien formé n'est pas seulement le fait de l'industrie; les universités canadiennes font aussi face à une pénurie de chercheurs dans des domaines cruciaux tels que les matériaux industriels de pointe. Le Canada ne compte que 90 chercheurs et scientifiques pour 100 000 habitants. Le contraste est frappant si l'on considère que les États-Unis en revendiquent 280 par 100 000 habitants, le Japon 240, l'Allemagne de l'Ouest 150 et le Royaume-Uni 140.

Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), dans un rapport intitulé *Les compétences en recherche dans le domaine des sciences naturelles et du génie*, laissait entendre que l'amélioration de la « productivité » des chercheurs pouvait aider à atténuer cette pénurie. L'amélioration de l'infrastructure et des équipements, un plus grand soutien technique et de meilleures possibilités de carrière pourraient encourager les chercheurs à oeuvrer plus longtemps en R et D. L'immigration n'offre pas de solution satisfaisante à la pénurie de chercheurs que connaît le Canada dans certaines disciplines, car la plupart de ces domaines en sont à court à l'échelle mondiale.

Étant donné leur piètre situation commerciale et l'âge du corps enseignant, les universités canadiennes ont du mal à répondre rapidement à la demande engendrée par les nouvelles technologies. Il y a peu de possibilités d'emploi pour les chercheurs, que ce soit dans les universités ou les laboratoires gouvernementaux, qui sont eux aussi touchés par les contraintes budgétaires. Dans l'industrie, le peu de R et D effectuée étant surtout orientée à court terme et axée sur les applications, on n'exigeait des chercheurs qu'un simple baccalauréat ou une maîtrise et non un doctorat. Il n'y a donc pas au Canada une forte demande de personnel hautement qualifié. Sans de meilleures perspectives d'emploi dans la R et D, dans un avenir rapproché, le Canada risque de perdre au profit d'autres pays les quelques chercheurs qui y ont été formés.

La formation de chercheurs, d'ingénieurs et de techniciens qualifiés et compétents demande beaucoup de temps et d'efforts, mais elle est essentielle à la prospérité économique future du Canada. Ce n'est pas seulement aux universités qu'incombe cette responsabilité, mais aussi aux gouvernements, par l'entremise des conseils du subvention qui financent la recherche universitaire, ainsi qu'à l'industrie qui doit admettre l'importance de ce « capital intellectuel » en vue de sa propre réussite.

Un autre élément important de l'innovation est celui du rôle que joue l'entrepreneur : ce personnage quasi mythique qui a le mérite de transformer, par la seule force du poignet, une invention en innovation. Les entrepreneurs sont une force déterminante, mais ils n'agissent pas seuls; que l'entreprise soit grande ou petite, ils doivent travailler en équipe pour réussir dans une innovation. Le succès d'une idée nouvelle dans une grande compagnie exige souvent la présence d'une sorte de « champion » au niveau des cadres supérieurs. Il peut s'agir d'un vice-président, dont le travail consiste à vendre l'idée aux autres cadres supérieurs. Ce champion doit compter sur la R et D effectuée par les scientifiques et les techniciens, ainsi que sur la qualité de la production et les capacités de mise en marché des autres éléments de l'entreprise.

L'esprit d'entreprise, qui pousse à réaliser des profits grâce à la commercialisation d'une nouvelle idée, tient une place importante dans le succès éventuel d'une innovation. De nombreuses universités canadiennes offrent maintenant des cours sur l'esprit d'entreprise et d'innovation, contribuant aussi à former une nouvelle génération plus en mesure d'exploiter et de développer pleinement la technologie.

IV Partenaires en innovation

La création et l'application des innovations reposent sur l'interaction entre les différents secteurs de l'économie. Les pays qui réussissent le mieux à développer, à utiliser et à vendre les nouvelles technologies possèdent des systèmes de recherche, de développement, de conception et de commercialisation qui soutiennent grandement les efforts faits en matière d'innovation : les industries et les universités travaillent ensemble, les contrats gouvernementaux favorisent l'innovation et des arrangements financiers particuliers aident les compagnies à commercialiser leurs technologies à l'échelle internationale.

Bien que chaque secteur ait son propre rôle à jouer en matière d'innovation, il doit agir de concert avec les autres pour assurer son succès. Au Canada, ce n'est que récemment que l'on a reconnu l'importance économique de cet effort total de coopération. Des liens puissants sont en train de s'établir entre l'industrie, les universités et les gouvernements : tous des secteurs qui, dans le passé, ont souvent fonctionné sans se soucier les uns des autres.

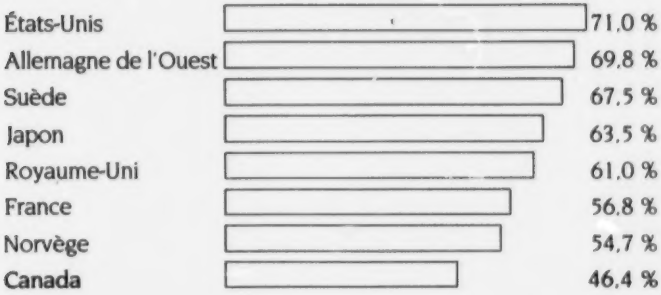
A. L'industrie

L'innovation technologique rend et garde l'industrie concurrentielle. La capacité de créer et d'utiliser les innovations dépend toutefois de l'effort de R et D. L'industrie canadienne contribue beaucoup moins aux dépenses nationales totales en R et D que ne le font les industries des autres grands pays industrialisés. Le graphique 2 donne les statistiques de l'OCDE pour 1983.

En 1985, l'industrie canadienne représentait 51 pour 100 des quelque 6,5 milliards de dollars consacrés à la R et D pour l'ensemble des secteurs. La part des universités était de 23 pour 100 et celle du gouvernement fédéral de 21 pour 100. L'augmentation des dépenses consacrées par l'industrie à la R et D est encourageante et confirme la tendance des vingt dernières années.

La R et D n'a pas été une activité majeure dans la plupart des industries du pays. Très peu de compagnies ont consacré une part substantielle à la R et D, c'est-à-dire un montant supérieur à 10 pour 100 de leurs ventes annuelles. La majorité des entreprises ne font aucune dépense à ce chapitre. Environ 50 pour 100 des dépenses totales en R et D viennent du 2 pour 100 des entreprises qui s'y consacrent. Il n'est donc pas étonnant de constater que l'ensemble de l'industrie ne supporte qu'environ 3 pour 100 de la recherche universitaire au Canada; les entreprises américaines, quant à elles, en financent environ 5 pour 100

GRAPHIQUE 2. Dépenses au titre de la recherche et du développement engagées par le secteur privé (OCDE, 1983).



chez elles. De nombreux chefs d'entreprise admettent volontiers que la somme totale consacrée à la R et D industrielle au pays est insuffisante, mais par contre, ils estiment suffisantes les dépenses en R et D qu'ils effectuent eux-mêmes. Le niveau des dépenses de recherche des compagnies est sans doute tout autant un problème d'attitude que d'investissement.

La situation est plus encourageante en ce qui a trait aux transferts et à la diffusion de la technologie, car les entreprises canadiennes peuvent encore avoir accès à la technologie provenant d'ailleurs et, selon le secteur, peuvent être en mesure d'obtenir et d'utiliser rapidement ces nouvelles technologies. Toutefois, il ne sera peut-être pas toujours aussi facile d'acquérir la technologie des autres.

La technologie fait de plus en plus l'objet de mesures protectionnistes, alors que les pays et les entreprises reconnaissent les avantages compétitifs des technologies de pointe. Sans avoir sa propre technologie à donner en échange, le Canada risque de voir se réduire de beaucoup dans l'avenir l'accès qu'il a aujourd'hui aux nouvelles technologies.

Les principaux intervenants en matière de R et D au Canada sont les fabricants d'équipements de communication, domaine technologique dans lequel le Canada s'est bâti une renommée mondiale. Les dépenses en R et D effectuées par ce groupe ont presque quintuplé depuis 1978. En consacrant une moyenne de 11 pour 100 de leurs ventes à la R et D, ils ont fait de ce secteur une industrie nationale des communications qui est très compétitive au niveau international au chapitre de l'application des techniques de la micro-électronique et qui a une forte avance dans le domaine des commutations numériques. Au deuxième et au troisième rang de la R et D, viennent les services scientifiques et de génie, et les entreprises de construction aéronautique. Ces trois groupes mis ensemble représentent environ la moitié de toutes les dépenses de R et D effectuées par l'industrie au Canada.

La quatrième place est occupée par le groupe des industries pétrolières. Les dépenses annuelles de ce groupe en R et D sont cependant en baisse depuis 1981 et n'ont pas suivi le redressement économique du début des années 80. Aujourd'hui bien sûr, l'incertitude qui règne au sujet du prix du pétrole se répercute sur les investissements consentis par l'industrie pétrolière.

Le Canada, compte environ 50 000 entreprises engagés dans la fabrication ou les

services reliés à la technologie : moins de 3 pour 100 d'entre elles se préoccupent de R et D. La plupart des entreprises canadiennes dépendent de technologies empruntées ou importées, limitant ainsi la possibilité de retombées technologiques dans les secteurs connexes.

Les considérations financières à court terme en matière de politiques d'investissement ont aussi des effets sur l'utilisation des technologies de pointe. Dans son document *Crise au sein de la gestion : Mise en œuvre de la fabrication intégrée par ordinateur*, le Conseil canadien de la CAO/FAO soulignait qu'une telle vision à court terme avait été en partie responsable de la lenteur manifestée dans l'adoption au Canada de la technologie de CAO/FAO. Le Conseil faisait aussi remarquer que la comptabilité conventionnelle des prix de revient ne permet pas aux gestionnaires d'évaluer une bonne partie des bénéfices découlant de la fabrication assistée par ordinateur. La raison en est que les principaux avantages au niveau des coûts sont représentés par la réduction des frais généraux et des améliorations dans des domaines non quantifiables, tels que la qualité accrue et la rapidité d'acheminement des produits sur les marchés. Les entreprises canadiennes ayant recours aux ordinateurs dans leurs procédés de fabrication ont connu des hausses moyennes de productivité de 62 pour 100, une augmentation moyenne de leurs ventes de 38 pour 100 et une hausse de qualité de modérée à élevée.

Même si les dépenses en immobilisations de l'industrie canadienne augmentent, le Conseil laisse entendre qu'il peut y avoir un problème quant à la destination de ces investissements. On s'attache peut-être beaucoup trop à accroître la capacité et pas suffisamment à rendre la capacité actuelle plus productive. Les entreprises japonaises dépensent deux fois plus que les compagnies nord-américaines en immobilisations, mais la majeure partie de ces dépenses porte sur le mode de fabrication existant dans des domaines tels que la manutention des matériaux et l'amélioration de l'équipement et des procédés.

Les compagnies qui décident de développer ou d'adopter de nouvelles technologies peuvent, à cette fin, recourir à plusieurs mécanismes :

- Dans l'alliance stratégique, une petite entreprise d'avant-garde et une grande corporation d'envergure internationale s'uniront pour profiter mutuellement du développement, de l'approvisionnement et de la commercialisation de la technologie.

- En achetant une licence, une entreprise acquiert le droit de fabriquer ou d'utiliser un produit ou un procédé existant, bien que cette solution soit aussi à la disposition de ses concurrents et n'apporte donc pas un avantage marqué.

- Une entreprise peut participer à une coentreprise avec d'autres compagnies pour développer une technologie, du moins au cours des étapes préconcurrentielles de la R et D générale, technologie qui pourra ultérieurement servir à développer des produits ou procédés brevetés ayant des applications commerciales.

- L'acquisition d'une entreprise par une autre demeure l'une des méthodes les plus répandues pour obtenir des droits sur une nouvelle technologie.

Dans le cas de filiales de multinationales étrangères, les gouvernements nationaux encouragent pour un produit l'attribution par la société mère de droits d'exclusivité mondiale. Il en est ainsi pour le Canada où l'économie se caractérise par une forte proportion d'investissements étrangers. En vertu d'un mandat d'exclusivité mondiale, la société mère confie à une filiale le soin de mettre au point de nouveaux produits spécifiques destinés aux marchés internationaux. Après avoir mené à bien la R et D appropriée, la filiale fabrique et commercialise le produit à l'échelle mondiale. Des études ont démontré que ces droits d'exclusivité ont eu un effet positif sur les efforts de R et D accomplis par les filiales

canadiennes des multinationales étrangères.

Tandis que les multinationales qui ont leur siège social à l'étranger continuent à jouer un rôle déterminant dans l'économie canadienne, une nouvelle et vigoureuse industrie nationale profite des possibilités de croissance qui lui sont fournies par les technologies de pointe, en particulier les technologies de l'information. C'est tout un essaim d'entreprises de haute technologie qui ont vu le jour partout au pays : dans le sud de l'Ontario bien entendu, mais aussi dans la région d'Ottawa, à Saskatoon, à Victoria et dans beaucoup d'autres villes dotées de l'infrastructure nécessaire. Cette infrastructure comprend une main-d'oeuvre qualifiée et bien formée, ainsi que des laboratoires universitaires et gouvernementaux pour soutenir la recherche et en tant que source de technologie. De plus, un milieu local de capital de risque doit pouvoir fournir le financement et les conseils nécessaires aux nouveaux entrepreneurs.

Comme le rapportait Denzil Doyle dans *L'établissement d'entreprises de technologie au Canada*, l'expérience acquise dans la région d'Ottawa et dans d'autres régions axées sur la technologie a démontré que le financement initial nécessaire au lancement d'une petite entreprise doit provenir des investisseurs locaux. La communauté nationale des capitaux de risque ne s'intéresse pas aux petits investissements de capitaux d'amorçage. En général, les marchés des capitaux de risque au Canada sont aussi développés que ceux d'Europe, mais beaucoup moins bien développés que ceux des États-Unis. En Saskatchewan, un programme pilote visant à favoriser et à soutenir la croissance des nouvelles entreprises de haute technologie a provoqué l'émergence d'une forte classe d'investisseurs locaux de capital de risque. Le succès de ce programme a amené la province de la Saskatchewan à adopter une loi visant à fournir des stimulants aux petites entreprises à risques. D'autres provinces ont aussi adopté des programmes similaires.

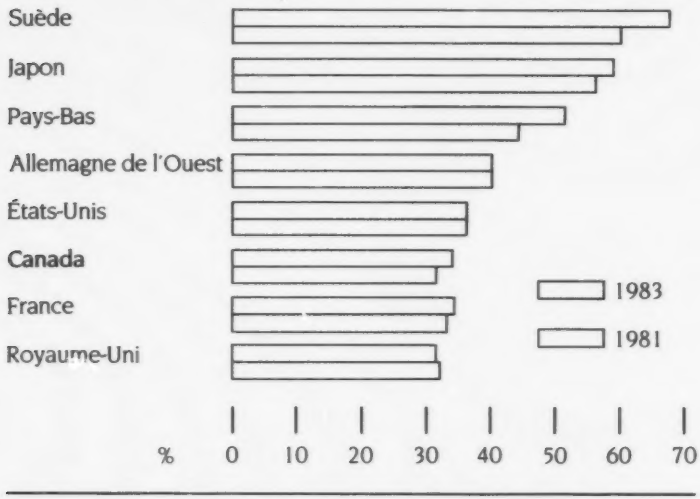
Les nouvelles compagnies de haute technologie tiendront une place importante dans l'avenir du Canada. Quelques grandes entreprises de technologie de pointe, telles que Northern Telecom et SPAR Aérospatiale Limitée, remportent un grand succès sur la scène internationale, mais une quantité de très petites compagnies ont du mal à trouver sur les marchés internationaux les produits commercialisables qui soutiendraient leur croissance. Les secteurs traditionnels, sur lesquels repose la majeure partie de la prospérité du Canada, ne doivent pas être négligés pour autant : ceux-ci doivent concevoir et mettre en place des innovations technologiques afin de maintenir leur avance sur la concurrence. Cela est tout particulièrement vrai des richesses naturelles où la haute technologie est encore à l'état embryonnaire : elle profiterait des interactions avec les secteurs traditionnels. Les entreprises technologiques pourraient fournir les nouveaux produits ou procédés essentiels aux entreprises établies qui font peu de R et D.

B. Les universités

Les universités jouent un rôle considérable dans le processus d'innovation. Elles sont d'abord et avant tout des établissements d'enseignement qui contribuent, à ce titre, à fournir des chercheurs, des ingénieurs, des scientifiques et des techniciens sans lesquels il n'y aurait aucune innovation possible. Les universités se chargent aussi d'une partie considérable de la recherche fondamentale et sur une moins grande échelle de recherche appliquée. Les universités canadiennes ont acquis une compétence de renommée mondiale dans des domaines tels que les lasers, les carburants synthétiques, la télédétection et les logiciels. En outre, nos universités se sont découvert un rôle de premier plan dans les activités de coopération avec l'industrie.

Le Canada compte cinquante universités décernant des diplômes d'enseignement supérieur. La plupart sont situées en Ontario et au Québec, mais chacune des provinces possède au moins une université offrant des programmes de maîtrise et de

GRAPHIQUE 3. Dépenses au titre de la recherche et du développement engagées par les établissements d'enseignement supérieur exprimées en pourcentage du PIB (OCDE, 1986).



doctorat. Ensemble, elles effectuent à peu près un quart de la R et D entreprise au Canada. Les chiffres de l'OCDE pour 1983, l'année la plus récente sur laquelle nous possédions des données complètes, indiquent que les universités canadiennes ont effectué sensiblement la même proportion de R et D par rapport à l'effort national que leurs consoeurs japonaises, hollandaises et norvégiennes.

En 1986, les universités canadiennes ont consacré environ 1,6 milliard de dollars à la recherche. De cette somme, 640 millions, soit 40 pour 100, sont allés aux sciences naturelles et à l'ingénierie, 512 millions ou 32 pour 100 aux sciences de la santé et 450 millions ou 28 pour 100 aux sciences humaines. Le Canada se compare avantageusement à de nombreux autres pays industrialisés en ce qui a trait aux dépenses au titre de la R et D engagées par les établissements d'enseignement supérieur (graphique 3).

Le gros du financement de la recherche universitaire au Canada provient des gouvernements : le gouvernement fédéral a contribué à 57 pour 100 du financement extérieur de la recherche universitaire en 1986, tandis que les gouvernements provinciaux en fournissaient 20 pour 100. Les autres sources de financement comprennent les universités elles-mêmes, l'industrie, ainsi que les fondations et les institutions à but non lucratif.

La majeure partie des fonds fédéraux destinés à la recherche universitaire sont acheminés par l'entremise de trois conseils de subvention : le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), le Conseil de recherches médicales (CRM) et le Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH). Cependant, les universités reçoivent aussi de l'argent du fédéral par l'obtention de marchés de R et D pour le compte des organismes et ministères fédéraux.

Les fonds des gouvernements provinciaux sont versés directement aux universités ou par l'entremise des conseils et des instituts provinciaux de recherches.

out en conservant une base solide en cherche fondamentale, les universités nadiennes se tournent de plus en plus ers l'industrie. Cette stratégie vise à hausser la pertinence et la réputation de niversité dans le monde actuel, à aug- enter le soutien financier accordé à la cherche universitaire et à profiter de ette recherche grâce aux transferts de chnologies vers l'industrie.

es deux niveaux de gouvernement favori- ent activement les liens entre l'université t l'industrie. Le gouvernement fédéral a réé des programmes université-industrie u sein du CRSNG et du CRM, ainsi que es bourses de recherche attribuées par e CRSH, avec la participation du secteur rivé. Les programmes université-industrie outiennent la R et D effectuée en coopé- ation entre les universités et le secteur rivé par des subventions de recherche t le partage d'équipements, en plus 'encourager la diffusion de la technologie râce à des ateliers et des séminaires, des changes de personnel et des affiliations ntre les universités et les industries. De lus, le CRSNG aide les compagnies à fon- ler des chaires de recherche industrielle lans les universités canadiennes en parta- eant les coûts relatifs aux émoluments les maîtres de recherche, à l'équipement t au soutien. Quarante-cinq de ces chaires ont été créées jusqu'ici. Les gouverne- ments provinciaux encouragent eux aussi e secteur privé à investir davantage dans es universités. Par exemple, le ministère ntarien des Collèges et Universités a mis ur pied le Fonds d'encouragement à la echerche universitaire (FERU).

Afin d'inciter les universités à rechercher lus activement le soutien du secteur rivé, le gouvernement fédéral a réorienté e financement des conseils de subvention grâce à sa nouvelle politique de subven- tions équivalentes. Pour chaque contribu- tion du secteur privé à la recherche univer- sitaire, le gouvernement fédéral attribuera des fonds correspondants par l'entremise des trois conseils de subvention. Ces fonds additionnels s'ajoutent aux budgets de base des conseils qui resteront aux niveau de 1985-1986 jusqu'en 1990-1991. Pour plus de détails sur la politique de subventions équivalentes, s'adresser au ministère d'État chargé des Sciences et de la Technologie.

Les liens entre les universités et l'industrie sont aussi en train de se raffermir grâce à la création de centres de technologie et d'innovation dans différentes universités un peu partout au pays. Ces centres sont financés par les gouvernements, les universités, l'industrie et les dons privés. Citons entre autres, le Centre pour le génie des océans froids (*Centre for Cold Oceans Engineering* — C-CORE) à l'université Memorial de Terre-Neuve, le Centre de technologie manufacturière de l'université du Nouveau-Brunswick et le Centre de recherches pour la gestion de la nouvelle technologie de l'université Wilfrid Laurier. Le Centre canadien d'innovation industrielle de l'université de Waterloo est issu d'un programme d'aide aux inventeurs lancé dans les années 70. Le Centre d'innovation industrielle est un autre grand centre qui opère à Montréal tandis que le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) soutient un bureau d'innovation technique à l'université du Québec à Chicoutimi.

Les universités tiennent maintenant compte dans leurs programmes de la question de l'innovation et s'efforcent de former des entrepreneurs. Partout au pays, les facultés canadiennes de commerce et de génie offrent les cours suivants : « Gestion de l'innovation technologique et esprit d'entreprise », « Éléments d'innovation industrielle », « Créativité et innovation », « Gestion stratégique de la technologie » et « L'esprit d'entreprise chez les ingénieurs ».

De nombreuses universités ont organisé des bureaux de transfert de technologies faisant office de points de rencontre entre les milieux de recherche universitaire et l'industrie. Leurs activités comprennent le courtage technologique et la liaison avec des groupes de l'extérieur et des services tels que le CNR et les organismes provin-

ciaux de recherche. Ces bureaux se sont révélés utiles financièrement en ce sens qu'ils ont accru les fonds de recherche provenant du secteur privé et qu'ils ont rapporté des redevances sur les licences et les brevets d'invention. C'est grâce à eux que le corps enseignant a pris conscience de l'importance de collaborer avec le secteur privé.

L'aspect positif qui se dégage de cette brève description des activités d'innovation des universités ne doit cependant pas faire oublier les graves problèmes qui frappent le réseau universitaire canadien. Les universités étaient, par tradition, repliées sur elles-mêmes et séparées des autres secteurs de l'économie : on assiste cependant à un mouvement réel, quoique lent, vers une attitude plus ouverte et plus affirmative. Les coûts croissants de la R et D, l'augmentation des inscriptions et les réductions budgétaires exercent une pression énorme sur les universités canadiennes. Les installations de recherche prennent de l'âge et deviennent désuètes, alors que la recherche de pointe exige des équipements de plus en plus perfectionnés. Tout ces facteurs minent la qualité de la recherche et de l'enseignement, et ajoutent à la difficulté d'attirer et de retenir des chercheurs compétents. Les universités canadiennes traversent une crise financière qui pourrait compromettre leur contribution irremplaçable au processus d'innovation.

C. Le gouvernement

Le Canada entretient une forte tradition d'engagement gouvernemental dans les sciences et la technologie. Au siècle dernier, le gouvernement fédéral avait jeté les premiers jalons de son vaste réseau d'installations de recherche, en mettant sur pied la Commission géologique du Canada et la Direction générale de la recherche du ministère de l'Agriculture. Il existe, aujourd'hui, des laboratoires fédéraux de recherche dans toutes les provinces et dans les Territoires du Nord-Ouest. À l'exception de deux d'entre elles, toutes les provinces supportent leurs propres installations de recherche.

Le gouvernement influence l'innovation en créant un climat économique favorable par une combinaison de mécanismes, notamment les dégrèvements fiscaux, les programmes visant spécifiquement à promouvoir l'innovation industrielle, ses propres activités de R et D, les achats et l'adjudication de marchés, ainsi que le financement universitaire.

Le climat général de l'économie d'un pays influencera, bien entendu, l'industrie dans ses choix d'investissement en matière de technologie. Avec des politiques et des programmes portant spécifiquement sur les activités d'innovation, les gouvernements fédéral et provinciaux espèrent amoindrir les risques et augmenter les bénéfices des entreprises qui souhaitent investir dans l'innovation industrielle. Les dégrèvements fiscaux, par exemple, permettent de déduire toutes les dépenses courantes et d'immobilisation admises pour la recherche et le développement expérimental effectués au Canada.

Le gouvernement fédéral finance directement l'innovation industrielle grâce à différents programmes de subvention. Les trois principaux sont le Programme d'aidé à la recherche industrielle (PARI), le Programme de développement industriel et régional (PDIR), en voie de remplacement, et le Programme de productivité de l'industrie du matériel de défense (PPIMD).

Administré par le Conseil national de recherches (CNR), le PARI s'adresse principalement aux petites compagnies et vise à aider les entreprises canadiennes à développer ou à acquérir et à utiliser efficacement la technologie de pointe appropriée, afin de demeurer ou de devenir concurrentielles au niveau international. Le PARI, qui a remporté un franc succès, est tellement apprécié par l'industrie que la demande dépasse constamment les possibilités offertes de fonds et d'années-personnes.

Le PDIR n'a pas été aussi bien perçu par l'industrie qui le considère trop bureaucratique et embarrassant. En outre, le PDIR doit répondre au double objectif de favori-

Le Conseil national de recherches du Canada, avec son administration centrale et ses laboratoires à Ottawa (sur la photo), ainsi que ses installations de recherche aux quatre coins du pays, mène, parmi tous les ministères et organismes fédéraux, l'éventail le plus large d'activités scientifiques.

Centre de Photo-ASC — Photo : Fred Cattroll

---

ser à la fois le développement industriel et l'expansion régionale. En 1984-1985, la majorité des projets du PDIR touchaient de petites entreprises, mais la majeure partie des fonds furent attribués à des entreprises de moyenne et de grande envergure. Le programme a été administré par le ministère de l'Expansion industrielle et régionale (MEIR), qui est aussi responsable du PPIMD. (On a récemment annoncé la réorganisation du MEIR qui se fondra au ministère d'État chargé des Sciences et de la Technologie). Le PPIMD s'occupe principalement de l'industrie militaire et du développement des moyens technologiques en matière de défense. Les principaux clients du PPIMD sont les grandes corporations multinationales.

Le gouvernement fédéral soutient la science et la technologie dans les provinces par l'entremise des ententes auxi-

liaires conclues en vertu des Ententes de développement économique et régional (EDER). Chaque province possède aussi sa propre gamme de programmes visant à promouvoir l'innovation industrielle.

D'autres mécanismes de soutien gouvernemental à l'innovation se présentent sous forme de diffusion de l'information scientifique et technique, d'initiatives de conscientisation du public et d'activités de formation. De plus, les centres technologiques disséminés un peu partout au pays offrent à l'industrie des possibilités de transferts technologiques et de formation technique. Au niveau international, le Programme d'apport technologique profite du réseau canadien de conseillers scientifiques et d'agents de développement technologique (ADT), en poste dans les ambassades et consulats canadiens pour aider l'industrie canadienne à se renseigner sur la technologie étrangère et à en faire l'acquisition. L'aide aux marchés d'exportation est apportée par le Programme de développement des marchés d'exportation (PDME).

Le gouvernement fédéral fournit aussi de l'aide financière à l'innovation industrielle dans des domaines précis tels que les communications, l'énergie et l'agriculture, ainsi que par l'entremise des conseils de subvention des universités.

Les contraintes budgétaires des années 80 ont entraîné au mieux un gel, mais plus souvent qu'autrement, une réduction du financement des programmes gouvernementaux. Les nouveaux programmes sont habituellement financés à même les coupures effectuées dans les programmes existants de la même « enveloppe budgétaire », c'est dire que les nouveaux programmes de science et de technologie doivent obtenir leurs crédits en puisant dans ceux des programmes analogues déjà en place. C'est ainsi que la participation du Canada à la station orbitale a été financé.

Ce document ne cherche pas à dresser une description exhaustive des programmes offerts par les gouvernements canadiens; il vise plutôt à donner une idée du genre de soutien mis à la disposition de l'industrie en matière d'innovation. On pourra cependant se procurer auprès du ministère d'État chargé des Sciences et de la Technologie un résumé complet des programmes fédéraux en cette matière, intitulé *L'appui du gouvernement du Canada au développement technologique* (1987). Pour plus de détails sur les programmes offerts par les gouvernements provinciaux, s'adresser à la province concernée.

Le total des fonds fédéraux consacrés aux sciences et à la technologie s'élevait en 1984-1985, à 3,87 milliards de dollars, dont 2,5 milliards étaient destinés à la R et D (tableau 1). Au cours de la même période, les gouvernements provinciaux ont consacré ensemble un total de 188 millions de dollars. Les quelques soixante et plus ministères et organismes fédéraux qui effectuent ou font faire des travaux reliés aux sciences et à la technologie ont dépensé en 1984-1985 environ 2,53 milliards de dollars à cet effet. Le gros de leurs dépenses portait surtout sur la R et D en sciences naturelles et en génie. Les laboratoires fédéraux s'intéressent à une foule d'activités, notamment à la recherche fondamentale et appliquée, au soutien légal et à l'établissement de normes. Le CNR couvre des activités d'une incroyable diversité.

Les relations entre le gouvernement fédéral et l'industrie sont assurées par les programmes à frais partagés de R et D, les conseils consultatifs et les bureaux de transfert de technologies. Des efforts ont été faits ces dernières années pour améliorer les rapports entre le gouvernement et l'industrie en matière de R et D. Les critiques craignent que cette démarche n'aille trop loin et que la recherche gouvernementale ne se retrouve à la merci des préoccupations à court terme de l'industrie, entraînant ainsi l'abandon de précieux projets de recherche fondamentale.

Les acquisitions et l'adjudication de marchés sont autant de moyens pour les gouvernements d'influencer l'innovation. Au

TABLEAU 1

Dépenses fédérales en S et T pour 1984-1985 (en millions de dollars)

	Total S et T 3 874			
	SNG S et T 3 151		SH S et T 723	
	R et D	ASC	R et D	ASC
Total	2 347	804	153	570
Intra-muros	1 333	637	57	502
Industrie	416	81	5	12
Universités	450	44	56	23
Autres	148	42	35	33

Source : Statistique Canada

Canada, le gouvernement fédéral à lui seul achète à l'entreprise privée pour plus de 6 milliards de dollars par année de biens et de services. En se portant acquéreur de nouvelles technologies, le gouvernement assure une certaine possibilité de marchés aux fournisseurs de nouveaux produits, services et procédés. L'adjudication de marchés facilite le transfert de technologies vers l'industrie et peut engendrer des retombées considérables. Cela s'avère particulièrement vrai si le projet est conçu en étroite relation avec le secteur privé. Cependant, la question des droits de propriété intellectuelle a soulevé un problème en ce qui a trait aux contrats de l'État, parce que ces droits appartenaient à la couronne. Cette situation a pu dissuader certaines compagnies de solliciter de tels contrats.

Le gouvernement fédéral a récemment annoncé qu'il accorderait 100 millions de dollars à certaines initiatives en vertu de sa stratégie « InnovAction ». Cinq grands domaines d'intervention ont été délimités :

1. l'innovation industrielle et les transferts de technologies;
2. les technologies stratégiques (biotechnologie, micro-électronique et matériaux industriels de pointe);
3. la gestion des ressources fédérales destinées à la science et à la technologie;
4. les ressources humaines (scientifiques, ingénieurs et technologues hautement qualifiés; adaptation de la main-d'oeuvre aux changements technologiques); enfin
5. la promotion d'une culture scientifique (vulgarisation, information).

Certains programmes existaient déjà dans ces domaines avant l'annonce de la stratégie.

Notons deux autre mesures récentes de la politique gouvernementale en matière d'innovation : la mise sur pied du comité consultatif national du Premier ministre sur les sciences et la technologie (CCNST) et l'adoption d'une politique nationale en matière de sciences et de technologie. Le comité consultatif a pour mission d'évaluer et d'aider à élaborer des politiques et des

objectifs nationaux en matière de sciences et de technologie. Présidé par le Premier ministre, il se compose de représentants du secteur privé, des milieux universitaires et des syndicats ouvriers. Bien sûr, l'impact du comité dépendra de l'influence qu'il aura sur les politiques et les programmes du gouvernement.

En mars 1987, les ministres chargés des sciences et dc la technologie aux paliers fédéral, provincial et territorial ont adopté la politique nationale en matière de sciences et de technologie. L'énoncé de cette politique se lit comme suit :

> « La présente politique vise à amener la science et la technologie à soutenir pleinement le développement économique, socio-culturel et régional de notre pays, en favorisant la collaboration entre les gouvernements et entre les secteurs public, para-public et privé. »

Six objectifs ont été établis :

1. améliorer l'innovation industrielle et sa diffusion;
2. développer les technologies stratégiques;
3. assurer la présence d'un bassin suffisant de personnes très hautement qualifiées;
4. soutenir la recherche-développement fondamentale et appliquée;
5. faire face aux répercussions des changements technologiques sur la société;
6. promouvoir la culture scientifique.

La mécanisme choisi pour atteindre ces objectifs est un Conseil des ministres des sciences et de la technologie, qui regroupe les ministres intéressés du gouvernement fédéral, des provinces et des territoires. Le Conseil a créé des groupes de travail chargés de se pencher sur chacun des objectifs et de proposer une ligne de conduite. On ignore la nature de cette ligne de conduite, de même que ses effets sur les progrès réels de l'innovation technologique au Canada. Cependant, le CCNST et la politique nationale indiquent que les gouvernements commencent au moins à apprécier l'importance des sciences et de la technologie pour l'avenir du pays.

V Travail et innovation

Tout le monde comprend l'importance de la compétitivité et de la croissance économique pour la prospérité d'un pays, mais bien des gens craignent les conséquences de l'innovation technologique, particulièrement sur les lieux de travail. La vision d'usines sans travailleurs est puissante et terrifiante et ne peut être rejetée comme un simple fruit de l'imagination. Les effets de l'innovation sur l'emploi forment une question complexe parce que les gens sont touchés tant par le nombre d'emplois perdus ou gagnés que par la qualité des emplois créés.

Le rapport publié dernièrement par le Conseil économique du Canada et intitulé *Le recentrage technologique : Innovations, emplois, adaptations* fournit une évaluation de l'ensemble des problèmes relatifs à l'ajustement du marché du travail face à l'introduction des nouvelles technologies. Cette évaluation est fondée sur une enquête menée auprès de mille entreprises canadiennes, sur des études circonstanciées d'un certain nombre d'organismes et sur la documentation existante. Le rapport en arrive à la conclusion que l'adoption au Canada des innovations technologiques de pointe touchera indéniablement le marché du travail et sera très pénible pour certains. Cela ne doit pourtant pas faire oublier l'occasion que cela offre d'accroître la productivité, la qualité des biens et des services, la compétitivité et la création d'emplois.

Historiquement, les changements technologiques n'ont pas provoqué beaucoup de chômage parce que les nouvelles technologies tendaient à naître en période de croissance économique. Le chômage entraîné par la technologie n'a été que de courte durée, le temps nécessaire aux travailleurs évincés de s'adapter à la nouvelle technologie ou de s'orienter vers un autre domaine. Cela peut paraître encourageant pour la société dans son ensemble, mais ne soulage en rien le travailleur qui voit diminuer les emplois disponibles dans son domaine de compétence.

L'adoption de nouvelles technologies touche les divers secteurs de façon différente. Certains, comme celui de l'industrie automobile, peuvent y perdre des emplois, alors que d'autres secteurs, comme celui des services, verront augmenter les emplois suite à l'utilisation des nouvelles technologies. La productique valorise certaines compétences, en déclasse d'autres et se traduit par une perte considérable d'emplois intermédiaires. La productique crée des emplois exigeant plus de flexibilité et de qualifications dans des domaines tels que la formation, la planification, le dépannage, l'entretien préventif et les

techniques relatives aux logiciels et au matériel.

Dans certains cas où l'on s'attendait à des répercussions très néfastes, la technologie a eu l'effet contraire. C'est ainsi que le traitement de texte devait réduire de façon remarquable le nombre de secrétaires nécessaires à la bonne marche d'un bureau. En fait, l'accroissement de la productivité, qui aurait pu éliminer des emplois, a été plus que contrebalancé par l'augmentation des tâches et par les nouveaux types de travaux qui étaient jusqu'alors impossibles avec l'ancien matériel électrique ou mécanique. La demande de secrétaires et de dactylos n'a sûrement pas souffert de l'introduction de la technologie du traitement de texte.

Il en est de même de la profession de comptable dont on prévoyait la disparition avec l'introduction des ordinateurs et des calculatrices. Ces derniers devaient tellement augmenter la rapidité des opérations comptables qu'il faudrait beaucoup moins de personnes pour accomplir la même quantité de travail. Au lieu de quoi, la comptabilité a connu une expansion inimaginable dans des domaines tels que la vérification de l'optimisation des ressources, la vérification informatisée et les services financiers personnels. La comptabilité est encore un secteur en pleine croissance.

Il ne fait aucun doute que l'adoption des nouvelles technologies provoquera des pertes d'emplois. Toutefois, il ne faut pas d'un cas particulier en faire une généralité. Des emplois peuvent disparaître dans les domaines de la fabrication ou de la transformation, mais le gain de productivité réalisé peut accroître le rendement et avoir ainsi un effet positif sur l'emploi ailleurs dans l'entreprise, par exemple, dans les secteurs de finance, des achats, de la vente et de la gestion.

L'innovation technologique est en train de créer un besoin d'employés possédant des compétences nouvelles ou différentes. Pour répondre à ce besoin les compagnies canadiennes préfèrent procéder au recyclage de leurs employés actuels plutôt que d'en embaucher d'autres. Cet effort de recyclage a généralement été insuffisant, car peu d'entreprises ont l'expérience du recyclage à grande échelle et l'infrastructure publique est insuffisante pour soutenir l'industrie dans cette tâche. Les institutions d'enseignement n'ont pas accordé autant d'attention au recyclage du personnel en place qu'à la formation des sans-emploi.

S'il est défini comme étant composé uniquement des industries de conception, de production et d'entretien des biens de haute technologie, le secteur de la technologie de pointe est lui-même très restreint au Canada. En dépit de sa croissance rapide, il aura peu d'effet direct sur l'emploi dans le proche avenir. Mais les technologies de pointe ont des applications qui s'étendent à toutes les industries. Leur aptitude à accroître la productivité et la qualité dans tous les secteurs de l'économie signifie qu'elles auront des répercussions sur l'emploi tant dans les autres industries que dans les leurs. Tout dépendra de la façon d'obtenir et d'utiliser les nouvelles technologies. Le profil des occupations et le nombre de postes disponibles changeront en fonction de la tranformation et de la croissance ou de la disparition des industries, comme cela a toujours été le cas dans le passé.

Les nouvelles technologies incitent certaines compagnies à implanter des innovations d'ordre organisationnel, que ce soit au niveau de la conception des postes, des horaires de travail, des prises de décision ou de la rémunération. Les systèmes sociotechniques, par exemple, combinent l'aspect social et les éléments techniques dans leur conception de l'organisation. Le groupe de travail semi-autonome est un élément important de ces systèmes. Il est responsable d'une entière unité naturelle de travail et jouit d'une certaine indépendance dans l'accomplissement des différentes tâches assignées à cette unité. Les travailleurs du groupe apprennent à s'acquitter de toutes les tâches nécessaires et peuvent donc se voir confier différentes affectations au sein de la même section de

avail. La plupart de ces innovations orga-sationnelles ont vu le jour à l'étranger, otamment au Japon et aux États-Unis, ; ne sont encore que peu utilisées au anada.

es deux principales démarches à suivre ans le cadre de l'innovation sur les lieux e travail sont les suivantes :

- les changements dans l'organisation du travail, notamment le décloisonnement ou le travail par rotation, où les travailleurs accomplissent toute une variété de tâches, et la valorisation du travail qui consiste à y ajouter plus de responsabilités;

- la modification du processus décisionnel incitant les employés à participer aux décisions relatives aux procédés de production.

Les fameux cercles de qualité élaborés par es Japonais contiennent des éléments de es deux démarches. Les cercles de qua-té sont formés de petits groupes de tra-ailleurs impliqués dans les opérations de 'usine. Les travailleurs discutent des pro-blèmes de production, proposent des solu-ions, puis prennent des mesures pour les nettre en oeuvre et en surveiller l'applica-ion, avec l'approbation de la direction. D'autres activités semblables « de petits groupes » réunissent les travailleurs et eurs cadres pour veiller à la gestion des opérations, de manière à favoriser les com-munications entre les travailleurs et la direction. Ce genre d'innovations n'est pas encore courant dans les entreprises cana-diennes. L'enquête du Conseil économique a révélé que moins du quart des répon-dants avaient des plans de réorganisation du travail par le décloisonnement, la rota-tion ou la valorisation et que seulement 13 pour 100 d'entre eux utilisaient des cercles de qualité inspirés du modèle japonais.

Selon l'enquête du Conseil économique, les comités mixtes syndicaux-patronaux sont la forme la plus populaire d'innova-tion en matière de prise de décision au Canada. Bien que près de 30 pour 100 des répondants aient mis sur pied une struc-ture de ce genre, ils ne l'ont pas utilisée outre mesure dans le processus de planifi-cation préalable à l'adoption d'une nou-velle technologie.

De nouvelles formes de rénumération accompagnent souvent les innovations organisationnelles. Celles-ci incluent entre autres des programmes de partage des profits qui permettent aux employés de bénéficier des économies réalisées grâce à leurs initiatives des programmes primes à la productivité. L'augmentation de l'intérêt porté au travail, la baisse de l'absen-téisme et l'amélioration des relations syndicales-patronales ont été attri-buées aux programmes de primes à la productivité.

Les horaires de travail sont un des domaines que bien des compagnies ont essayé de modifier, même si elles ne pro-cédaient, par ailleurs à aucune autre inno-vation plus « radicale » sur le plan organisa-tionnel. Les changements sociaux, de même que les nouvelles technologies ont eu une grande influence sur le temps con-sacré au travail. L'augmentation du nom-bre de femmes sur le marché du travail, celles-ci réclamant des conditions de tra-vail plus souples pour répondre aux besoins de leur famille, a été le fer de lance de cette innovation. Le travail partagé, où deux employés se partagent un seul poste à temps plein, constitue un exemple de la façon dont peuvent être modifiés les horai-res de travail pour répondre à ce besoin. Contrairement au travail à temps partiel qui se retrouve surtout dans les emplois subalternes, le travail partagé est plus cou-rant dans les catégories professionnelles.

Le travail partagé vise à éliminer au sein d'une entreprise la nécessité des mises à pied temporaires en réduisant le nombre d'heures de travail de tous les employés pour éviter d'avoir à procéder à des mises à pied individuelles. Emploi et Immigration Canada administre le programme canadien de travail partagé qui a permis d'éviter les trois-quarts des mises à pied prévues pour 1983.

Un groupe d'innovation qui incorpore les nouvelles technologies à des changements d'horaire est celui du travail décentralisé dans sa forme la plus moderne du « télé-travail ». Les nouvelles technologies de la micro-électronique permettent d'effectuer plus de travail chez soi et de le transmettre directement au bureau. Les travailleurs sont cependant souvent rémunérés à la pièce et ne reçoivent pas les avantages sociaux habituels. De plus, personne n'a encore trouvé de substitut technologique valable à l'aspect des relations sociales du travail.

Les innovations sur le plan organisationnel sont une conséquence naturelle des changements technologiques. Beaucoup de compagnies fonctionnement encore selon les méthodes traditionnelles sur lesquelles se fonde encore la formation de la plupart des gestionnaires. Mais les compagnies canadiennes, se tournant de plus en plus vers les technologies de pointe, reconnaîtront peu à peu l'importance d'adopter les innovations organisationnelles qui leur assureront les services d'une main-d'oeuvre dévouée et bien formée.

Conclusion

Tous les pays au monde reconnaissent que l'innovation technologique procure un avantage compétitif dans le commerce international. L'innovation accroît la productivité et stimule la croissance économique. En tant que nation commerçante et industrialisée, c'est à ses risques et périls que le Canada ignore la course mondiale à la technologie. Les derniers rapports de l'OCDE brossaient un tableau idyllique de la situation économique du Canada, mais ce genre de rapport ne fait que masquer les problèmes que le Canada risque d'affronter à long terme. Notre déficit commercial dans le domaine technologique et le peu d'efforts accomplis au Canada en R et D industrielle sont sans doute le présage des problèmes de compétitivité que nous réserve l'avenir. Les Canadiens trouveront-ils là matière à s'inquiéter?

Les Canadiens ont tout à la fois des points forts et des points faibles en ce qui concerne l'innovation. N'insistons pas sur nos faiblesses, comme nous le faisons trop souvent. Quant à nos points forts, ils résident dans notre esprit d'invention, dans notre population bien scholarisée et hautement qualifiée, et dans notre longue tradition d'investissements publics dans les sciences et la technologie. Notre renommée est déjà établie dans certains domaines tels que la télédétection et les communications.

Ne nous attendons pas à exceller dans tous les domaines de la technologie, mais nous pouvons certainement le faire dans certains domaines qui nous touchent de plus près tels que les secteurs océanographiques où nous avons déjà pris un bon départ, les technologies environnementales et les technologies de pointe relatives à l'exploitation des richesses naturelles. Il est très tentant de dire qu'il est inutile d'investir dans la R et D, que nous pouvons tout simplement acheter d'autres pays toute la technologie dont nous avons besoin. Mais ces autres pays qui investissent massivement dans la recherche sont de plus en plus protectionnistes à l'égard de leurs propres technologies. En outre, ils sont de moins en moins enclins à partager les avantages qu'elles leur procurent alors qu'ils ont encore l'avantage sur les pays qui n'ont aucune technologie équivalente à offrir en échange. Nous pourrions donc nous retrouver avec des technologies dépassées.

Nous avons l'occasion de bâtir notre avenir sur l'innovation technologique. La réussite dépend d'un effort national de collaboration de tous les secteurs de notre économie.

Les Maritimes — *images du satellite Landsat. Le Canada est dans le peloton de tête du développement et de l'utilisation des techniques de télédétection.*

Cette photographie aérienne © Sa Majesté du chef du Canada 1975, tirée de la collection de la Photothèque nationale de l'air, est reproduite avec l'autorisation du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

Sigles

CAO/FAO	Conception assistée par ordinateur/Fabrication assistée par ordinateur
EDER	Ententes de développement économique et régional
PIB	Produit intérieur brut
CRM	Conseil de recherches médicales
SNG	Sciences naturelles et génie
CRSNG	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
R et D	Recherche et développement
ASC	Activités scientifiques connexes
S et T	Sciences et technologie
SH	Sciences humaines
CRSH	Conseil de recherches en sciences humaines

* L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) oeuvre à la promotion de la croissance économique et à l'expansion du commerce mondial. Les pays membres en sont : l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, le Portugal, la République fédérale d'Allemagne, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie.

Bibliographie

Beaumier, Guy. *L'innovation au Canada et le rôle du gouvernement fédéral*. Ottawa : Bibliothèque du Parlement, 1983 .
Publié aussi en anglais sous le titre : *Innovation in Canada and the Role of the Federal Government*.

Brown, John J. *Ideas in Exile*: A *History of Canadian Invention*. Toronto : McClelland and Stewart, 1967.

Canada. Ministère d'État, Sciences et technologie. *L'appui du gouvernement du Canada au développement technologique : sommaire des programmes et des stimulants du gouvernement fédéral* 1987/*The Government of Canada's Support for Technology Development*: A *Summary of Federal Programs and Incentives* 1987. Ottawa : Approvisionnements et services Canada, 1987.

Clark, Norman. *The Political Economy of Science and Technology*. New York: Blackwell, 1985.

Conseil canadien CAO/FAO pour l'avancement de la fabrication intégrée par ordinateur. *Crise au sein de la gestion : mise en œuvre de la fabrication intégrée par ordinateur : rapport*. Ottawa : Expansion industrielle régionale, 1986.
Publié aussi en anglais sous le titre : *Management in Crisis: Implementing Computer Integrated Manufacturing in Canada*: A *Report*.

Conseil de la science et de la technologie (Québec). *Science et technologie : conjoncture* 1985 : *premier rapport sur la conjoncture scientifique et technologique au Québec*. Sainte-Foy, Qué. : 1986.

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie Canada. *Les compétences en recherche dans le domaine des sciences naturelles et du génie : projections relatives à l'offre et à la demande jusqu'à* 1990. Ottawa : 1985.
Publié aussi en anglais sous le titre : *Research Talent in the Natural Sciences and Engineering: Supply and Demand Projections to* 1990.

Conseil des sciences du Canada. *Le maillon consolidé : une politique canadienne de la technologie*. Ottawa : Approvisionnements et services Canada, 1979. (Conseil des sciences du Canada. Rapport, 29)
Publié aussi en anglais sous le titre : *Forging the Links: A Technology Policy for Canada*.

Conseil économique du Canada. *Innovations, emplois, adaptations : un rapport de recherche*. Hull, Qué. : Approvisionnements et services Canada, 1987.
Publié aussi en anglais sous le titre : *Innovation and Jobs: A Research Report*.

Doern, G. Bruce. *Science and Politics in Canada*. Montréal : McGill-Queen's University Press, 1972.

Doyle, Denzil. *L'établissement d'entreprises de technologie au Canada : guide de commercialisation des réalisations de la recherche financée par le gouvernement fédéral dans votre localité*. Préparé pour le Ministère d'État chargé des sciences et de la technologie. Ottawa : Approvisionnements et services Canada, 1986.
Publié aussi en anglais sous le titre : *Technology Venturing in Canada: A Guide to the Commercialization of the Results of Federally Funded Research in Your Community*.

Freeman, Christopher. *The Economics of Industrial Innovation*. Harmondsworth, GB.: Penguin Books, 1974.

L'industrie canadienne et le virage technologique. Donald G. McFetridge, coordinateur de la recherche. Ottawa : Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada, c1986. (Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada. Études, 3)
Publié aussi en anglais sous le titre : *Technological Change in Canadian Industry*.

Millington, A.D. et Y. Van Ruskenveld. *La diffusion de la technologie au Canada : les mythes et la réalité*. Ottawa : Ministère d'État, Sciences et technologie, 1986.
Publié aussi en anglais sous le titre : *Technology Diffusion in Canada: Myths and Realities*.

Nostbakken, Janis and Jack Humphrey. *The Canadian Inventions Book: Innovations, Discoveries and Firsts*. Toronto : Greey de Pencier Books, c1976.

Proulx, Pierre-Paul. « Domestiquer la technologie : pourquoi, quelles technologies et comment? » In *Policy Options/Options politiques*. v. 6, no 9, nov. 1985, p. 37-40.

Salomon, Jean Jacques. *Prométhée empêtré : la résistance aux changements techniques*. Paris : Pergamon, c1981.

Salomon, Jean Jacques. *Science et politique*. Paris : Éditions du Seuil, 1970.
Publié aussi en anglais sous le titre : *Science and Politics*.

Sciences sociales et transformations technologiques : les actes d'un colloque. (Montréal : 25 avril, 1986) Sous les auspices conjoints du Conseil de la science et de la technologie et du Regroupement québécois de sciences sociales, publ. sous la dir. de Paul Bernard et Edouard Cloutier. Sainte-Foy, Qué. : Le Conseil, c1987.

Statistique Canada. Division des sciences, de la technologie et du stock de capital. *Indicateurs de l'activité scientifique et technologique, 1985/Science and Technology Indicators, 1985*. Ottawa : 1986. (Statistique Canada. Catalogue, 88-201) Annuel.

Sources d'information du gouvernement fédéral sur l'innovation au Canada

Approvisionnements et Services Canada
Ottawa (Ontario) K1A OS5

Conseil économique du Canada
333, chemin River
Vanier (Ontario) K1P 5V6

Conseil national de recherches Canada
Ottawa (Ontario) K1A OR6

Conseil de recherches médicales du Canada
Ottawa (Ontario) K1A OW9

Conseil de recherches en sciences humaines du Canada
255, rue Albert
Ottawa (Ontario) K1P 6G4

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 1H5

Conseil des sciences du Canada
100, rue Metcalfe
Ottawa (Ontario) K1P 5M1

Ministère de l'Expansion industrielle régionale
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A OH5

Ministère d'État chargé des Sciences et de la Technologie
240, rue Sparks
Ottawa (Ontario) K1A 1A1

Statistique Canada
Immeuble R.H. Coats
Tunney's Pasture
Ottawa (Ontario) KlA 0T6